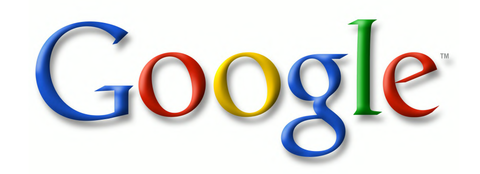
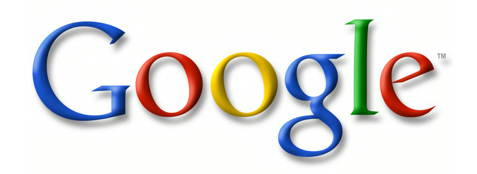
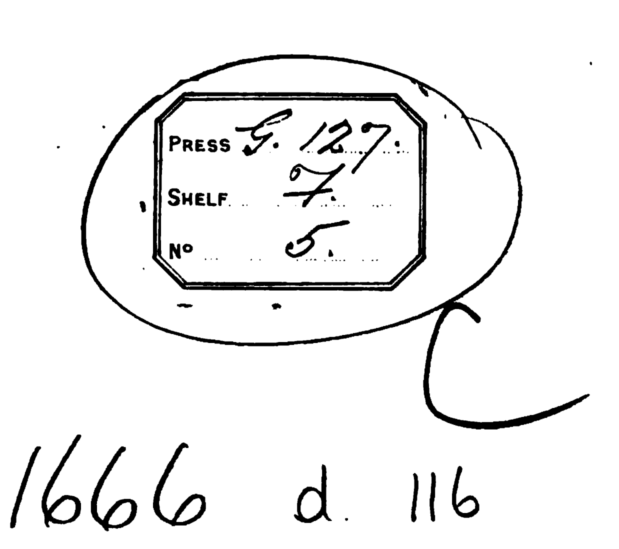





600020129K


PRESS G. 127.
SHELF 7.
No 5.







GRUNDRISS

DER

PHYSIOLOGIE

DES

MENSCHEN.

Holzschnitte
aus dem xylographischen Atelier
von Friedrich Vieweg und Sohn
in Braunschweig.

Papier
aus der mechanischen Papier-Fabrik
der Gebrüder Vieweg zu Wendhausen
bei Braunschweig.

GRUNDRISS

DER

PHYSIOLOGIE

DES

MENSCHEN.

FÜR DAS

ERSTE STUDIUM UND ZUR SELBSTBELEHRUNG.

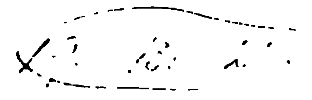
VON

DR. G. VALENTIN,

Professor der Anatomie und Physiologie in Bern.

VIERTE

GAENZLICH UMGEARBEITETE UND VERMEHRTE AUFLAGE.



Mit sechs Tafeln in Stahlstich,
einer colorirten Tafel und 619 in den Text eingedruckten Holzschnitten.

BRAUNSCHWEIG,

DRUCK UND VERLAG VON FRIEDRICH VIEWEG UND SOHN.

1 8 5 5.

Vorrede.

Die neue Bearbeitung der Physiologie, welche ich hiermit der Oeffentlichkeit übergebe, enthält eine möglichst übersichtliche und unparteiische Darstellung des gegenwärtigen Zustandes der Wissenschaft. Ich habe häufig die Endergebnisse eigener, noch nicht mitgetheilter Forschungen eingeschaltet und hoffe in Zukunft Manches näher zu begründen, das in diesem Werke nur kurz oder selbst bloss aphoristisch ausgedrückt worden.

Der grössere Umfang des Textes und die beträchtliche Vermehrung der Abbildungen können schon andeuten, dass ich die einzelnen Capitel der Lebenslehre nach allen Richtungen hin vollständiger zu erläutern suchte. Ich habe die allgemeine physikalisch-chemische Einleitung der früheren Auflagen hinweggelassen und dafür die nöthigen vorbereitenden Darstellungen an passenden Orten eingeschaltet, um so den Leser in den Gegenstand unmittelbar einzuführen. Allen überflüssigen Prunk mit fremdartigen Ausdrücken vermeidend, bemühte ich mich doch, die selbst ferner liegenden Kunstwörter zu erklären und in dem Register zu verzeichnen, damit das Werk die nöthigen Aufschlüsse in vorkommenden Einzelfällen mit Leichtigkeit darbiete. Die Haupttendenz des Ganzen gleicht der der dritten Auflage.

Die Farbentafel wurde mit Ausnahme einer Figur nach neuen Originalen entworfen. Sie giebt die physiologisch interessantesten

Polarisationserscheinungen vollständiger, als die Figurenreihe, an deren Stelle sie getreten ist. Die sechste hinzugekommene Stahltafel enthält eine Anzahl von Originalzeichnungen der feinsten Blutgefässe und Drüsengänge, die vorzugsweise zum Vergleiche der Einzelverhältnisse dienen sollen. Tafel VII liefert die Abbildungen der dem Arzte wichtigsten mikroskopischen Krystallgestalten. Präparate, die Herr Chr. Müller nach den im Texte angegebenen Methoden dargestellt hatte, sind dieser Reihe von Abbildungen zum Grunde gelegt.

Bern, im Februar 1855.

G. Valentin.

Inhalt.

		Seite
	Auffassung der Lebenserscheinungen	1
	Einzelne Thätigkeiten des menschlichen Körpers	7
1.	Die Thätigkeiten des Stoffwechsels	11 bis 508
	Verdauung	11
	Einsaugung	93
	Kreislauf	113
	Athmung	196
	Ausdünstung	244
	Absonderung	255
	Hautabsonderungen	265
	Seröse und schleimigte Absonderungen	269
	Thränenabsonderung	272
	Speichelabsonderung	275
	Gallenabsonderung	279
	Harnabsonderung	289
	Thätigkeit der Blutgefässdrüsen	319
	Ernährung	327
	Optische Eigenschaften der Gewebe	434
	Wärme der Thiere	461
	Thierische Elektricität	476
2.	Die Beziehungsthätigkeiten	509 bis 782
	Bewegung	509
	Molecularbewegung	509
	Flimmerbewegung	510
	Bewegung der Spermatozoiden	515
	Einfache verkürzbare Masse	516
	Muskelbewegung	517
	Stimmbildung	574

	Seite
Sinnesthätigkeiten	590
Sehen	591
Hören	650
Riechen	666
Schmecken	671
Tasten	675
Nerventhätigkeit	684
3. Zeugung und Entwickelung	783 bis 855
Zeugung	783
Entwickelung des Eies und des Embryo	827
Nachembryonale Entwickelung	852
Nachträge	856

Auffassung der Lebenserscheinungen.

---

§. 1. Die höhere Verwerthung der Sinneseindrücke, die den Menschen von den Thieren unterscheidet, bestimmt zugleich die Grenzen, zu denen die Naturforschung vordringen kann. Sie liefert uns die Werkzeuge, die Marken der unmittelbaren Sinnesempfindungen zu überschreiten, nicht aber die Fähigkeit, den gesetzmässigen Gang der Molecularwirkungen in seinen äussersten Tiefen zu verfolgen.

Grenzen der Naturforschung.

§. 2. Keines unserer Sinnesorgane belehrt uns über die feineren und die feinsten Elemente der Körperwelt. Nur Gruppen vieler Molecüle oder Atome können unsere Nervenmassen in dem Grade oder Umfange anregen, dass bewusste Empfindungen zum Vorschein kommen. Die höhere Auffassung und Verarbeitung dieser gröberen Eindrücke, die hierdurch möglich gewordene reichlichere Benutzung der Aussenwelt und der eigenen Körpertheile gestatten es, dass wir unser Auge mit Brechungskörpern, die seine Feinsichtigkeit erhöhen, bewaffnen. Die stärksten Mikroskope werden uns aber nie die Form und die Lage der Molecüle, ja nicht einmal die der kleineren Atomengruppen zur Anschauung bringen.

Leistungen der Mikroskope.

§. 3. Der Vergleich der gemachten Erfahrungen lässt uns Stoffe und Verhältnisse, für deren unmittelbare Betrachtung unsere Sinne nicht geschaffen sind, mit Sicherheit erkennen. Wir stellen eine Reihe von chemischen Zersetzungserscheinungen, deren Hauptbedingungen gegeben werden, übersichtlich zusammen und schliessen hieraus auf die Anwesenheit von Radicalen oder anderen Grundkörpern, die wir oft nie gesehen haben, auf die Grössen von Anziehungserscheinungen, die wir unter keiner Bedingung unmittelbar messen können. Die Erfahrung belehrt uns, dass farbloses Licht unter gewissen Bedingungen aus farbigen und umgekehrt hervorgeht, dass es von bekannten Nebenerscheinungen abhängt, ob Licht zu Licht hinzugefügt Helligkeit oder Finsterniss erzeugt. Die wechselseitige Verbindung dieser Thatsachen führt zu der Ueberzeugung, dass das Licht von der Erschütterung eines allgemein verbreiteten elastischen Aethers herrührt, den kein Theil unseres Nervensystems unmittelbar erkennt und des-

Combinationserkenntniss

sen Wellenstösse sich zu grösseren Summen häufen müssen, damit wir den Gesammteindruck derselben als Einheitsempfindung auffassen können. Sie lässt uns mit Bestimmtheit angeben, in welcher Richtung die Aethermolecüle in einzelnen gegebenen Fällen schwingen, mit welcher Schnelligkeit ihre Unruhe fortgepflanzt wird und welche Veränderungen ihre Wirkungen durch andere Körper erleiden. Die räumlichen und die zeitlichen Beziehungen der bewegten Massen verriethen das die Welten beherrschende Schweregesetz, oder die Norm einer in jede Ferne wirksamen Anziehung, während alle unsere Körperthätigkeiten und die meisten anderen Naturerscheinungen eine unmittelbare Berührung voraussetzen. Die grösste Entdeckung der bisherigen Naturforschung enthüllte daher eine Art von Einflüssen, zu deren Annahme die Analogie unserer eigenen Functionen nie berechtigt hätte.

Mathematischer Ausdruck der Naturgesetze.

§. 4. Die Betrachtung einer Reihe zusammengehörender Naturerscheinungen führt zu einer hypothetischen Grundanschauung, die das Ganze verbindet und deren Prüfstein in anderen Erfahrungen gegeben ist. Die formalistische Sprache der Mathematik, die wahre oder falsche Prämissen folgerichtig weiter führt, bietet das einzige untrügliche Mittel, verwickelte Verhältnisse übersichtlich darzustellen, deren fernere Wirkungen sicheren Schrittes zu verfolgen und die Eingriffe neuer Bedingungen mit aller möglichen Schärfe zu bestimmen. Eine ganze Reihe von Antworten ist dann in einer einzigen Gleichung enthalten. Sie oder ihre Ableitungen zeigen nicht selten Verhältnisse, welche die Erfahrung noch nicht ermittelt hat, im Voraus an. Die Bestätigung der Theorie durch die nachträglichen Versuche liefert neue Stützen für die Richtigkeit der Auffassungsweise. Kürze der Darstellung, Reinheit und Schärfe der Betrachtung und unerbittliche Erörterung aller möglichen Folgerungen sind die grossen Vortheile, welche die mathematische Zeichensprache jeder anderen Ausdrucksweise gegenüber darzubieten hat.

Mathematische Bearbeitung der Naturwissenschaften.

§. 5. Das Ziel, nach dem alle Zweige der Naturforschung streben sollen, muss darin bestehen, ihre Gesetze als nothwendige Folgen geschlossener mathematischer Theorien erkennen zu lassen. Nur ein Theil der auffallenderen mechanischen Wirkungen der wägbaren und der unwägbaren Stoffe hat sich dieser ächt wissenschaftlichen Behandlungsweise bis jetzt unterworfen. Eine grosse Reihe physikalischer Erscheinungen und die chemischen Anziehungen dagegen lieferten noch keine sicheren Anhaltspunkte, um gerundete Systeme in den Händen des Mathematikers herstellen zu lassen. Die Lehre der Lebensthätigkeiten konnte daher die kindliche Stufe einer fast rein empirischen Wissenschaft nicht überschreiten.

Menge der feinsten Bestandtheile.

§. 6. Der Laie, der ein Bruchstück einer Pflanze oder eines Thieres unter dem Mikroskope betrachtet, staunt gewöhnlich über die Menge von Gebilden, welche ihm die Vergrösserungsgläser enthüllen. Er berechnet hieraus, welche ausserordentliche Zahl von Werkzeugen in jedem organischen Wesen thätig sei. Die beträchtliche Menge der wirksamen Stücke scheint ihm eine der wesentlichsten und wunderbarsten Eigenthümlichkeiten der Organisation auszumachen.

§. 7. Diese Anschauungsweise führt zu einem doppelten Irrthume. Die Schätzungen, die man nur nach jenen mikroskopischen Bildern zu ent-

werfen pflegt, können die Wirklichkeit bei Weitem nicht erreichen, weil die stärksten Vergrösserungen immer nur bis zu verhältnissmässig gröberen Theilen hinabführen (§. 2). Die unerwartete Kleinheit und die beträchtliche Menge der letzten Elemente kehren aber andererseits überall wieder. Das schmalste Bild, das unser Auge bemerkt, geht aus Millionen von Lichtwellen hervor. Ein Salzkorn, das wir kaum schmecken würden, enthält Milliarden von Atomgruppen, die kein sinnliches Auge je erreichen wird. Die Polarisationserscheinungen des Lichtes und der Wärme, die magnetischen und diamagnetischen Verhältnisse zeigen an, dass die scheinbar gleichartigsten Massen wesentliche innere Verschiedenheiten der Atomengruppirungen darbieten. Die Natur arbeitet überall mit einer unendlichen Menge unendlich kleiner Grössen, die gleichartig oder ungleichartig zusammengehäuft, erst in endlichen Massen unseren verhältnissmässig stumpfen Sinneswerkzeugen zugänglich werden.

Erkenntniss der Molecularwirkungen.

§. 8. Das Glück, mit welchem wir dieses unübersehbare Spiel von Thätigkeiten verfolgen können, hängt von der Art der Combinationen wesentlich ab. Gleichartige Multipla liefern natürlich die geringsten Hindernisse. Der Mathematiker erläutert an einer einzigen Lichtwelle, was sich an Milliarden in derselben Weise wiederholen muss, damit unsere Empfindungen angeregt werden. Alle mächtigen Hülfsmittel dagegen, welche die scheinbare Fiction des unendlich Kleinen oder die Auffassung des Werdenden im Gegensatze der gewöhnlichen Betrachtung des Gewordenen darbietet, oder die Werkzeuge der höheren Analyse knicken ohnmächtig zusammen, sowie eine grössere Menge ungleicher Elemente und Bedingungen verwickeltere Wirkungen zur Folge haben. Dieses erklärt es auch, weshalb die Lebenserscheinungen einer genügenden wissenschaftlichen Auffassung so leicht entgehen, nicht selten abweichende Antworten auf scheinbar gleiche Fragen ertheilen und eine Labilität der Verhältnisse häufig genug in Fällen erheucheln, in denen nur die unvollständige Kenntniss der Bedingungen den starren gesetzlichen Formalismus unserem Blicke verhüllt.

Leistungen der organischen Wesen.

§. 9. Wie jede andere Masse, so leisten auch die organischen Wesen in einem gegebenen Augenblicke nicht mehr und nicht weniger, als was die Kräfte ihrer Molecüle unter den gegebenen Bedingungen möglich und nothwendig machen. Sie arbeiten daher in dieser Beziehung nicht vollkommener, als die Flüssigkeitsfäden eines Wasserfalles, den die Anziehung der Erde an einem Felsen hinabtreibt, oder die Steinmasse, die unter dem Einflusse der Atmosphäre allmälig verwittert. Wenn aber dessenungeachtet das Leben, wie wir zu sagen pflegen, höhere Wirkungen zum Vorschein bringt, so liegt dieses nur in der Eigenthümlichkeit der Atomenverbindungen, in der gegenseitigen Verknüpfung der Bestandtheile, welche die organischen Geschöpfe zusammensetzen. Es ist nicht nöthig, dass wir eine besondere Lebenskraft, die erst den Gang des organischen Räderwerkes möglich macht, die todten Massen zu bestimmten Zwecken anleitet und ihnen eigene Gesetze despotisch vorschreibt, hinzufügen. Ein solches anthropomorphisches Truggebilde würde nur den Weg der Forschung versperren oder in schiefe Bahnen lenken und eine Scheidewand, für deren Anweseheit keine Beweise gegeben werden, aufrichten. Die Eigenthüm-

lichkeit des Baues, das, was wir die Organisation der lebenden Wesen nennen, genügt vollkommen, die physiologischen Wirkungen, wenigstens in ihren allgemeinsten Umrissen, zu begreifen. Wir brauchen dann nicht mehr die unwahre Rolle besonders bevorzugter und von den mechanischen Gesetzen befreiter Kettenglieder des Weltalls den lebenden Geschöpfen aufzudringen.

Unvollkommene Erkenntniss der Lebenserscheinungen.

§. 10. Die vollständige Kenntniss der Kräfte der organischen Gewebeelemente und deren gegenseitiger Einflüsse würde uns in den Stand setzen, alle scheinbaren oder wirklichen Eigenthümlichkeiten der Lebenserscheinungen als nothwendige Folgen der Einrichtung darzulegen. Der Besitz einer einzigen oder einer Reihe von mathematischen Formeln, in denen alle möglichen Leistungen eines gegebenen Geschöpfes ausgedrückt wären, würde das Ideal einer solchen naturwissenschaftlichen Auffassung darstellen. Da dieses Endziel jenseit der Grenzen der Möglichkeit für jetzt und unzweifelhaft auch für immer liegt (§. 5), so müssen wir auf dem Erfahrungswege zu ermitteln suchen, welche charakteristischen Merkmale die lebende Maschinerie der organischen Welt von unseren künstlichen Apparaten und unorganischen Massen überhaupt unterscheiden. Das, was sich aus einer geläuterten Theorie von selbst erklären würde, kann hier nur in ungenügendster Weise, d. h. als nackte gegebene Thatsache vorgetragen werden.

Selbständigkeit der organischen Wesen.

§. 11. Die nothwendige Selbständigkeit der lebenden Geschöpfe bildet die vorzüglichste physiologische Eigenthümlichkeit der organischen Welt. Die Pflanze und das Thier müssen ihre Bestimmung ohne äussere fremde Nachhülfe erfüllen, sobald der nöthige Massenverlust in entsprechender Weise gedeckt wird. Der Gang des Räderwerkes sichert dann ohne Weiteres die Erhaltung des Individuums und die Möglichkeit des Fortbestandes der Arten auf dem Wege der Selbsterhaltung und der Embryonalentwickelung.

§. 12. Viele unserer künstlichen Vorrichtungen besitzen ebenfalls einen gewissen Grad von Selbständigkeit. Alle ihre Theile greifen zweckmässig in einander, so lange ihnen die nöthige Speisung zu Gebote steht. Ein Abschnitt arbeitet häufig dem anderen vor, damit ein berechnetes verwickeltes Ergebniss erreicht werde. Die grössere Vollkommenheit, welcher wir in dieser Hinsicht in den lebenden Wesen begegnen, liegt nicht sowohl in der Eigenthümlichkeit der principiellen Einrichtung, als in der bedeutenderen Quantität der gegenseitigen Verbindungen und dem beträchtlicheren Reichthume der auf diese Weise erzeugten verwickelteren Leistungen.

Speisung d. lebenden Geschöpfe.

§. 13. Der Vergleich der Speisungsarten führt uns schon zu anderen Schlüssen. Keine unserer Maschinen kann den Gang ihres Räderwerkes aus ihrem eigenen heterogenen Material erhalten. Der Stillstand folgt dem Verluste der äusseren Unterstützung auf dem Fusse nach. Die Arbeit der lebenden Wesen ist in keine so engen Grenzen gebannt. Der Mangel der von aussen herzugeführten Nahrung hemmt nicht sogleich das Spiel der einzelnen organischen Werkzeuge. Der Umsatz der Gewebe liefert noch eine Zeit lang das nöthige Speisungsmaterial. Eine Periode der allmäligen Erschöpfung kann hier der Ruhe und der Zerstörung vorangehen.

Selbsterhaltung d. Organismen.

§. 14. Diese eigenthümlichen Erscheinungen bilden nur die nothwendigen Folgen anderer Verhältnisse. Die Massen, aus denen die Organismen

aufgebaut werden, unterliegen leicht den verschiedensten Anziehungskräften. Sie sind schon an und für sich veränderlicher, als diejenigen Körper, welche wir zu unseren künstlichen Vorrichtungen gebrauchen, damit diese dem Zahne der Zeit kräftiger trotzen können. Die einzelnen verschiedenartigen Gewebetheile wirken fortwährend auf einander. Ein lebhafter, meist nicht unmittelbar kenntlicher Umsatz greift überall mit grösserer oder geringerer Schnelligkeit durch. Theile, die eine Zeit lang gedient haben, verwandeln sich in andere Verbindungen, aus denen wieder neue Producte erzeugt werden. Nur die unbrauchbaren Elemente verlassen den Körper allmälig in den ihm unerlässlichen Ausgaben. Der Mangel der äusseren Nahrung ändert zum Theil den inneren Umsatz. Die nöthigen Verluste verschlingen wahrscheinlich entsprechende Mengen von Wandelkörpern früher, als bei hinreichender Speisezufuhr. Das Geschöpf erhält aber seine Thätigkeiten auf Kosten der Umsatzerzeugnisse seiner eigenen Körpergewebe, deren Verluste unvollständig ergänzt werden.

Oertliche Selbständigkeit der Organe.

§. 15. Obgleich die zahlreichen Elemente eines lebenden Einzelwesens zu einem abgeschlossenen Ganzen verbunden sind, so bewahren doch viele seiner Theile eine grössere Selbständigkeit, als die meisten Abschnitte unserer künstlichen Vorrichtungen. Die verschiedenen Hauptstücke vieler Gewächse und mancher niederer wirbelloser Thiere, wie der Polypen, der Würmer, hängen so locker physiologisch zusammen, dass man das Ganze als ein blosses inniges Aggregat von Individuen in mehr als einem Falle betrachten kann. Die getrennten Stücke enthalten alle Bedingungen, um selbständig fortzuleben. Die Sonderung wird sogar häufig zur zufälligen oder unerlässlichen Bedingung der späteren Fortpflanzung.

§. 16. Die Thätigkeiten einzelner Systeme bieten bisweilen ähnliche Erscheinungen dar. Viele von ihnen werden nur von örtlichen Bedingungen und nicht von dem Zusammenwirken der sämmtlichen Stücke des Räderwerkes bestimmt. Es erklärt sich hieraus, weshalb nicht alle Organe gleichzeitig absterben, sondern jedes von ihnen so lange fortlebt oder die Möglichkeit seiner eigenthümlichen Wirkungsweise bewahrt, als die nöthigen Localbedingungen natürlich oder künstlich gegeben werden. Der Saftlauf in den Zellen der Vallisneria, die Schwingungen der Flimmerhaare der Thiere erhalten sich aus diesem Grunde, bis die Fäulniss Alles verflüssigt. Das frische, in die Haargefässe getriebene Blut giebt dem Muskel sein früheres Verkürzungsvermögen zurück; wenn ihm sein Molecularumsatz todtenstarr und unempfänglich gemacht hat. Es hängt nur von der Natur der Prämissen ab, ob wir die abgestorbene Masse von Neuem beleben oder die belebte zu tödten vermögen.

Fortpflanzung.

§. 17. Die Fortpflanzung, die kein vollständiges Gegenstück in der todten Natur oder in unseren künstlichen Vorrichtungen besitzt, bleibt nach diesen Vorstellungen weniger räthselhaft, als man auf den ersten Blick glauben würde. Sie soll die Art trotz der Vergänglichkeit der Individuen erhalten. Ein neues Kettenglied muss sich durch sie an ein fertiges anschliessen. Die befruchtenden und die befruchtungsfähigen Keime, von denen sie ausgeht, entstehen daher erst in den älteren organischen Wesen. Es erzeugt sich hier eine gewisse Summe von Elementartheilen, die sich unter Voraussetzung bestimmter Nebenbedingungen Schritt vor Schritt ver-

ändern und vergrössern, bis endlich die Möglichkeit einer vollkommen selbständigen Fortdauer gegeben ist. Das Vorhandene und die äusseren Eingriffe bestimmen immer die nächst folgende Stufe, bis das relative Maximum der Ausbildung erreicht und die Möglichkeit einer neuen zukünftigen Keimbereitung eingeleitet ist. Die Zeugung und die Entwickelung bilden auf diese Weise nur eine eigenthümliche Art von Ernährungserscheinungen, einen besonderen Nebenweg der durch die ursprüngliche Einrichtung gegebenen Umsatzverhältnisse.

Gesundheit und Krankheit.

§. 18. Wenn auch die Lagerung und die wechselseitige Verbindung der Atomgruppen in zwei Individuen derselben Art im Wesentlichen übereinstimmen, so gehört doch eine vollkommnere Identität zu den Unmöglichkeiten. Die ausserordentliche Menge der verschiedenen Elemente und die wechselnden Entstehungsbedingungen führen schon zu wesentlichen Abweichungen, die sich als Porträteigenthümlichkeiten in den äusseren Formen und als untergeordnete Differenzen der Functionen in den Leistungen ausdrücken. Man kann daher im strengsten Sinne des Wortes nicht feststellen, was in Gestalt und Thätigkeit regelrecht ist. Einzelne Stücke der scheinbar gesundesten Geschöpfe werden immer von dem, was andere zeigen, abweichen. Erst eine grössere Gruppe von Störungen, die in das Räderwerk des Organismus tiefer eingreift, drängt sich unserer Anschauungsweise als Krankheit auf. Der sich noch entwickelnde Organismus kann hierdurch in seiner ferneren Ausbildung abgelenkt und zu den verschiedenartigsten Missbildungen gezwungen werden. Es wird aber von dem Einflusse der ergriffenen Elemente und den äusseren Nebenbedingungen in jedem Falle abhängen, ob die Störungen den Gang der lebenden Thätigkeit nur vorübergehend ändern oder deren Wirksamkeit gänzlich untergraben können.

Genesung.

§. 19. Man darf nicht nach dieser Auffassungsweise die Krankheit als ein selbständiges, sich von aussen her schmarotzerartig einnistendes Product betrachten. Sie fusst vielmehr auf einer Beschaffenheit der Elementartheile, die der gewöhnlichen passenden Einrichtung nicht entspricht. Die Gegenwirkung anderer Gewebe kann den Schaden allmälig beseitigen. Man hat aber dann nicht die Wirkungen einer besonderen Naturheilkraft. Dieser Begriff gehört zu jenen teleologischen Vorstellungen, die eine missverstehende sentimentale Anschauungsweise neben dem der Lebenskraft einzuschwärzen suchte. Wie die Natur die raffinirtesten Grausamkeiten durch den Widerstreit der egoistischen Instincte hin und wieder möglich macht, so verschlimmert auch häufig genug das Wechselspiel der anderen Theile ursprünglich untergeordnete Störungen, welche die Auflösung des Organismus an und für sich nicht bedingen würden.

Zersetzung im Leben und nach dem Tode.

§. 20. Die Veränderlichkeit seiner Atomengruppen versetzt den lebenden Organismus in einen fortwährenden Kampf mit den Aussenverhältnissen, aus denen er nur durch die kunstvollen Grundlagen seiner Einrichtungen siegreich hervorgeht. Jede Thätigkeit zerlegt eine gewisse Menge seiner Bestandtheile, die später auf irgend eine Weise von Neuem ersetzt werden müssen. Eine reichliche Speisung kann den Verlust im Uebermaass ergänzen und so die Arbeit, die sonst zur Erschöpfung führt, zur Quelle der Stärkung machen und in eine heilsame Uebung verwandeln. Wenn dage-

gen die fortwährenden Zersetzungen andere Bahnen einschlagen, weil schädlichere Bedingungen ihre Wege bestimmen, so kommen auch Atomenverbindungen und Elemente zum Vorschein, welche die den Lebenserscheinungen entsprechenden Thätigkeiten nicht mehr darbieten und die anderen Gewebtheile in der nöthigen Weise nicht unterstützen können. Die örtliche Veränderung greift dann immer weiter um sich, bis endlich die Werkzeuge oder die Verbindungen, die das Ganze zusammenhalten, zerstört und die Grundpfeiler des Einheitsstaates der Individualität zerbrochen werden. Was wir Fäulniss zu nennen pflegen, ist nur diejenige Abart der immer vorhandenen Zersetzung der organischen Stoffe, deren Wirkungen dem Spiele des lebenden Organismus nicht mehr entsprechen. Sie löst daher allmälig die Einrichtung, deren Erfolge das Leben bedingte, auf. Die Atome, die jetzt anderen Verwandtschaften gehorchen, helfen den unermesslichen Kreislauf des Weltalls in anderen Schöpfungsgliedern fortsetzen.

Einzelne Thätigkeiten des menschlichen Körpers.

Eintheilung der Functionen.

§. 21. Die physiologische Betrachtung sollte mit der Darstellung der Kräfte der Molecüle und Atome des lebenden Wesens beginnen und zu den immer weiteren Kreisen von Wechselwirkungen der endlichen Massen des Organismus fortschreiten. Da aber diese Auffassungsweise ebenso wenig, als der Ausdruck aller Lebensthätigkeiten durch eine Formelreihe möglich ist, so pflegt man ein künstliches System verschiedener Thätigkeiten der leichteren Uebersicht wegen aufzustellen. Jede Abtheilung desselben behandelt entweder eine bestimmte Wirkungsart gewisser gleichartiger Gewebeelemente oder eine Reihe von Functionen der verschiedensten Gebilde, die einem mehr oder minder abgeschlossenen Hauptziele entgegengehen.

Pflanzliche u. thierische Thätigkeiten.

§. 22. Diese Bemühungen haben in mehr als einer Hinsicht irre geleitet. Man suchte die sogenannten pflanzlichen oder allgemein organischen Thätigkeiten von den rein thierischen zu sondern. Jene sollten die Functionen des Stoffwechsels, wie sie angeblich in beiden lebenden Reichen wiederkehren, umfassen, diese dagegen nur die Bewegungen und Empfindungen, die man als ausschliessliche Merkmale der Thierwelt betrachtete, in sich schliessen. Ein doppelter Irrthum lag der eben erwähnten Voraussetzung zum Grunde. Wir wissen, dass manche Bewegungserscheinungen und unter Anderem die so eigenthümlichen Regungen der Flimmerhaare und der Samenfäden nicht nur in den Thieren, sondern auch in einzelnen Gewächsen vorkommen. Nur die Muskelfasern und die Nervenmassen bilden ein ungetheiltes Eigenthum der Thierwelt. Die theoretisch aufgezwungene Analogie führte überdies zu manchen naturwidrigen Auffassungen. Was man als Verdauung, Athmung und Absonderung der Gewächse schilderte, waren blosse Truggebilde oder im günstigsten Falle Vorgänge, die von den gleichbenannten Thätigkeiten der Thierwelt wesentlich abwichen.

Thätigkeiten d. verschiedenen Thiere.

§. 23. Ein ähnlicher Uebelstand kehrt sogar in dem engeren Bezirke des thierischen Haushaltes wieder. Das gebräuchliche Schema der einzelnen Thätigkeitsgruppen ist hier ursprünglich nach den höheren Geschöpfen entworfen worden. Man hat es dann häufig ohne Weiteres auf

die niederen Wesen überzutragen gesucht. Dieser unrichtige Gesichtspunkt liess eine Mannigfaltigkeit der Organisation, die nicht vorhanden ist, oder eine angebliche Verschmelzung mehrerer Functionen, die wahrscheinlich eben so wenig existirt, annehmen. Man besitzt daher sehr gründliche Anatomieen, aber noch keine vollständige Physiologie der wirbellosen Wesen.

Hauptgruppen der Thätigkeiten.

§. 24. Man pflegt die Lebensthätigkeiten der Thiere in drei Hauptgruppen abzutheilen. Die Functionen des Stoffwechsels erhalten das Individuum während des fortwährenden Umsatzes seiner Körpermasse, die der Relationen bedingen seine selbständigen Beziehungen zur Aussenwelt, und die der Fortpflanzung sichern die Fortdauer der Arten trotz der Vergänglichkeit der Einzelwesen.

Stoffwechsel.

§. 25. Die Nahrungsstoffe, welche die unvermeidlichen Ausgaben des Organismus unmittelbar decken oder äquivalentweise ersetzen sollen, müssen häufig wesentlich umgeändert und an bestimmte Orte befördert werden, ehe einzelne ihrer Bestandtheile Gemeingut des Körpers werden können. Die Summe der hierzu nöthigen Vorgänge wird mit dem Namen der Verdauung belegt. Die Einsaugung führt die geeigneten, an den mannigfachsten Punkten befindlichen Verbindungen der Mutterlauge aller Ernährungsveränderungen, dem Blute zu. Der Kreislauf vertheilt die Blutmasse in rückläufigen geschlossenen Bahnen in alle Körperbezirke, damit die Gewebeelemente erfrischt, die eingesogenen Stoffe rasch weitergeführt und angeeignet und die abgenutzten Bestandtheile entfernt werden. Die Wechselwirkung mit der umgebenden Luft findet ihren grössten Spielraum in der Athmung, deren Ergänzungsstück in der sogenannten Hautausdünstung gegeben ist. Die Absonderung, welche an freien Oberflächen oder in eigenen drüsigten Organen zu Stande kommt, liefert eigenthümliche Mischungen, die, als Nebenerzeugnisse abgesetzt, eine Zeit lang liegen bleiben, um dem allgemeinen Saftumlaufe später zu verfallen oder als unbrauchbare Verbindungen den Körper binnen Kurzem zu verlassen. Die Ernährung, welche die eben erwähnten Thätigkeiten begründet und zum Theil erst durch sie in aller ihrer Vollständigkeit möglich wird, bestimmt die verschiedenen Seiten der Massenveränderung, welche das Individuum unter den mannigfachen äusseren Nebenbedingungen erleidet. Alle diese Thätigkeiten zusammengenommen liefern die Gruppe der Functionen des Stoffwechsels im engeren Sinne des Wortes.

Relationsthätigkeiten.

§. 26. Die freieren Ortsveränderungen, die Möglichkeit der Auffassung der Sinneseindrücke und die selbständigere Herrschaft des Individuums über die eigenen Körpertheile und die Aussenwelt bilden die hauptsächlichsten Vorzüge, die das Thier von der Pflanze unterscheiden. Die Bewegungslehre behandelt die Thätigkeit derjenigen Gebilde, welche einen schnellen Lagenwechsel einzelner Stücke oder des ganzen Geschöpfes herbeiführen. Die Fähigkeit, sich durch Töne bemerklich zu machen und gewisse conventionelle Zeichen auf diesem Wege mitzutheilen, oder die Stimmbildung, beruht nur auf einer passenden Verbindung von Bewegungsthätigkeiten mit anderen Wirkungen, vorzugsweise mit dem geeigneten Spiele der Athmungswerkzeuge. Die Sinnesorgane bestehen in einer Reihe von Apparaten, deren einzelne Abschnitte bestimmte Mole-

culareinflüsse aufnehmen und verarbeiten können. Sie sind es, welche die Vielseitigkeit unserer Empfindungen ursprünglich möglich machen und von deren Wirkungsweise ein grosser Theil der Verwerthung der Nerventhätigkeit abhängt. Die mannigfachen Bezirke des Nervensystemes endlich enthalten die Mittelpunkte, von denen alle selbständigeren Einflüsse des Organismus ausgehen und zu denen die äusseren Eindrücke als ihren letzten Bestimmungsorten zurücklaufen. Physikalische Veränderungen, chemische Umsatzerscheinungen, Bewegungen und Empfindungen werden von diesen Apparaten aus angeregt, weil sie ihre Fühlfäden nach allen Theilen hinsenden, ihre Bewegungen in die mannigfachsten Wirkungen übersetzen und eine grosse Zahl von neuen Resultanten durch ihre gegenseitigen Beziehungen hervorbringen können. Die Gruppe der Relationsthätigkeiten hat ihren vorzüglichsten Träger in den vielseitigen Wirkungssphären der Nervengebilde.

Zeugungsthätigkeit.

§. 27. Alle Processe des Stoffwechsels, durch die der Artbestand gesichert bleibt, sind in den Vorgängen der Zeugung und der Entwickelung gegeben (§. 17). Die anatomische und physiologische Darstellung des werdenden Geschöpfes fällt einem eigenen Abschnitte der Lebenslehre, der Embryologie, anheim. Die Entwickelungsgeschichte im weiteren Sinne des Wortes behandelt überdies noch die zeitlichen Veränderungen des ausgebildeten Geschöpfes. Sie verfolgt die Schicksale desselben von den ersten Keimspuren bis zur Endperiode der völligen Abnutzung des Räderwerkes oder dem sogenannten natürlichen Tode. Die Darstellung der späteren Fäulnisszersetzung und der ferneren Anziehungsveränderungen der an und für sich unvergänglichen Molecüle fällt anderen Abtheilungen der Naturwissenschaften und zwar vorzugsweise der Chemie anheim. Die erste Schöpfung organischer Wesen dagegen gehört zu denjenigen transcendenten Fragen, über welche der Mensch Vermuthungssätze willkürlich aufstellen kann, die sich aber nie dem strengen Formalismus ächt wissenschaftlicher Untersuchungen fügen werden.

Geistige Thätigkeiten.

§. 28. Die Lebensweise der thierischen Geschöpfe bildet nur den gesetzmässigen Ausdruck der Resultanten der Gesammteinflüsse der Organisation und der Nebenbedingungen, unter denen sie sich erhalten kann. Die zerstörenden Triebe einzelner Thiere gehen in dieser Hinsicht aus derselben Quelle, wie die geselligen Tugenden oder die so merkwürdigen Instincte anderer hervor. Die weitergreifende Einrichtung des menschlichen Körpers und vor Allem seine geistigen Thätigkeiten verleihen ihm die Fähigkeit, nicht bloss seine Handlungen nach Vernunftgründen zu bestimmen, sondern auch in der Erkenntniss und Benutzung der Gesetze des Weltganzen von Generation zu Generation fortzuschreiten und sich Alles, was unter ihm steht, in einem Grade zu unterwerfen, wie dieses keinem anderen Geschöpfe des Erdballes möglich ist. Die Leistungen der Civilisation gehen auf diese Weise aus der praktischen Anwendung von Thätigkeiten, deren Normen die Physiologie erläutern sollte, hervor. Das, was sie im Augenblicke bieten kann und noch in ferner Zukunft entfalten wird, reicht aber nicht hin, die mannigfachen Gebrauchsweisen, die wir von unseren Fähigkeiten gemacht haben, genügend zu erklären. Die meisten hierher gehörenden Wirkungen beruhen auf so verwickelten Vorgängen, dass man vielleicht

nie die anatomischen Grundlagen, geschweige denn die physiologischen Folgen klar übersehen wird.

Statistische Gesetze.

§. 29. Der Zufall, dem man das Schicksal eines Einzelfalles zuschreibt, muss einem bestimmten Gesetze Platz machen, so wie wir eine grössere Zahl von Fällen in Betrachtung ziehen. Es scheint von keinen bestimmten Normen abzuhängen, wie sich die Geschlechter bei den Geburten vertheilen, wie oft Mehrlingsgeburten neben einfachen vorkommen, welche Arten von Verbrechen innerhalb eines gegebenen Zeitraumes begangen werden. Dehnt man dagegen die Betrachtung auf Millionen von Fällen aus, so pflegen in dieser Hinsicht bestimmte gesetzmässige Grössen stetig wiederzukehren. Ist dieses nicht der Fall, so lassen sich häufig die Ursachen der Schwankungen auf dem Wege der Wahrscheinlichkeitsbestimmungen ermitteln. Der Zufall schwindet hier, wie überall, als ein Trugbild des Aberglaubens, als das Erzeugniss der Kurzsichtigkeit, welche die Geschichte der menschlichen Vorstellungen mit so vielen scheinbar höheren, in Wahrheit aber erniedrigenden und irrigen Vorstellungen belastet hat. Die Statistik der menschlichen Gesellschaft lehrt uns, dass wir das grosse Ganze des Lebens ungefähr in ähnlicher Weise auffassen, als wenn wir ein vollendetes Gemälde mit einem Mikroskope betrachten wollten. Wie uns hier nur einzelne untergeordnete Farbenpunkte erscheinen würden, so vermissen wir in der Regel die fatalistische Gesetzmässigkeit vieler gesellschaftlichen Beziehungen, weil wir es bequemer finden, unberechenbare Bedingungen eingreifen zu lassen, als die verwickelten Ursachen scheinbar einfacher Verhältnisse mühsamen Weges aufzusuchen.

---

1. Die Thätigkeiten des Stoffwechsels.

Verdauung.

§. 30. Nahrungsmittel. — Die Empfindungen des Hungers und des Durstes mahnen den Menschen an die Nothwendigkeit, feste und tropfbar flüssige Verbindungen in den Körper einzuführen, um die unerlässlichen Verluste, die der Organismus in den Entleerungen erleidet, zu decken und, wo möglich, Ueberschussmassen für Neubildungen zu gewinnen. Die Physiologie war bis jetzt nicht im Stande, die näheren Verhältnisse, aus denen jene Gefühle hervorgehen, genügend zu verfolgen. Da der Magen des hungernden Geschöpfes keinen sauren Magensaft enthält, so fällt die Hypothese, dass die Anätzung der Magenwände die Hungerempfindung erzeugt, von selbst hinweg. Die Füllung der Magendrüsen kann eben so wenig das nöthige Bedingungsglied abgeben. Das Verschlucken von Kieselsteinen führt zwar zur Entleerung des Magensaftes, nicht aber zur Stillung des Hungers. Es scheint endlich im Ganzen nicht viel für sich zu haben, dass der ursprüngliche Anstoss von gewissen Formveränderungen des Magens ausgeht, weil die Hungergefühle bei vollem, wie entleertem Magen auftreten können.

Hunger und Durst.

Eine hypothetische Vorstellung kann die hier zu betrachtenden Empfindungen auf ihre wahre Quelle zurückführen. Die Beschaffenheit und Thätigkeit der Nerven hängt von der Natur der umgebenden Ernährungsflüssigkeit und mittelbar von der des Blutes ab. Hat dieses eine gewisse Menge von Stoffen, durch die unvermeidlichen Ausgaben verloren oder ist es sonst in entsprechender Weise verändert worden, so werden auch einzelne Nerven den hierdurch bedingten Wechsel ihres Zustandes durch ungewöhnliche Empfindungen ausdrücken. Diese treten als Hungergefühle im Magen und als Durst in der Kehle auf. Man kann daher einsehen, weshalb ein krankhaftes Hungergefühl bei gefülltem Magen vorkommt und die blosse Vertrocknung der Lippen oder der Schleimhaut des Mundes nicht immer Durst erregt.

§. 31. Der gewöhnliche Sprachgebrauch unterscheidet Nahrungsmittel und Gifte, je nachdem die Einfuhrstoffe den Fortgang der Lebensthätigkeiten unterstützen oder beeinträchtigen. Eine scharfe Sonderung ist schon deshalb nicht möglich, weil die Wirkung der Genusskörper nicht

Nahrungsmittel und Gifte.

bloss von ihrer inneren Beschaffenheit, sondern auch von ihrer Menge, der Mischung mit anderen Verbindungen, der Eigenthümlichkeit des Individuums und des Ortes, an dem sie einverleibt werden, abhängt. Verbindungen, die wir als die heftigsten Gifte ansehen, können unter gewissen Verhältnissen ohne Schaden verzehrt und selbst zur Verbesserung der Lebensthätigkeiten benutzt werden. Pferde und Schafe sollen oft grössere Massen von Blausäure ohne Nachtheil ertragen. Kleine Gaben von Arsenik können Ernährungsstörungen des menschlichen Körpers beseitigen. Der Genuss verhältnissmässig grösserer Mengen gehört in einzelnen Gegenden zur Landessitte. Man giebt ihn bisweilen Pferden, um ihre Verdauungsthätigkeiten zu verbessern. Manche Arsenikverbindungen, wie die Kakodylsäure ($C_4H_6AsO_3 . HO$) und das schwefelsaure Kakoplatyloxyd können, in Wasser gelöst, in den Nahrungscanal oder das Blut der Kaninchen ohne Nachtheil eingeführt werden. Blutegel, Schnecken, Vipern, Blindschleichen, Kröten und Schildkröten vertragen das Viperngift, das so furchtbare Wirkungen in vielen anderen Geschöpfen ausübt. Diese letzteren können jene Verbindung ohne Nachtheil in ihren Verdauungscanal aufnehmen, während die unmittelbare Einverleibung in das Blut die Lebensthätigkeiten durchgreifend beeinträchtigt. Aehnliche Erscheinungen wiederholen sich auch bei dem Curare, das aus einer strychnosartigen Pflanze bereitet und wahrscheinlich mit Schlangengift versetzt wird, und den schädlichen Verbindungen, welche manche Krankheitsprocesse, wie z. B. die Hundswuth, erzeugen.

Begriff eines Nahrungsmittels.

§. 32. Da die Nahrung Aequivalente der veränderten Bestandtheile der Gewebe liefern soll, so könnte es auf den ersten Blick scheinen, dass jeder Körper, der in irgend einem unserer Organe enthalten ist, auf die Rolle eines Nahrungsmittels Anspruch machen darf. Man hat auch in diesem Sinne behauptet, dass alle Substanzen, die im Blute vorkommen, die Eigenschaften von Ernährungsmitteln besitzen müssen, weil die sämmtlichen Ersatzbildungen von der Blutmasse ausgehen. Eine nähere Betrachtung kann bald lehren, dass diese Begriffsbestimmung der Natur der Verhältnisse nicht entspricht.

Vielseitige Bedingung der Ernährung.

§. 33. Halten wir uns zunächst an die sogenannten einfachen Körper der gegenwärtigen Chemie, so kommen in unseren Geweben Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff und Sauerstoff in grösseren Mengen als Schwefel, Phosphor, Chlor, Kalium, Natrium, Calcium und Magnesium, und diese wiederum in beträchtlicheren Quantitäten als Jod, Brom, Kiesel, Fluor, Eisen, Mangan und andere Metalle vor. Die Umsatzerscheinungen entsprechen nicht den absoluten Grössen der einzelnen Stoffe, weil die Verschiedenheit der Anziehungen verändernd eingreift. Die Nahrungsmittel haben daher zunächst das durch die Abnutzung der Organe erzeugte relative Missverhältniss wiederum herzustellen. Sie müssen eine Mischung bilden, die den verloren gegangenen Verbindungen entspricht oder wenigstens die Möglichkeit der Erzeugung derselben in sich schliesst. Ein einziger einfacher Körper könnte daher höchstens dienen, eine einseitige Lücke auszufüllen.

§. 34. Die verwickelten Organisationsbedingungen engen aber den Begriff der Nahrung noch mehr ein. Keiner unserer Körpertheile kann die

zusammengesetzten Atomengruppen der organischen Verbindungen aus einfachen Stoffen herstellen. Die Umwandlungen beschränken sich vielmehr auf den Umsatz gewisser organischer Massen in andere oder die Erzeugung einzelner binärer Verbindungen und deren weiterer Combinationen. Die Nahrungsmittel müssen daher die zu jenen beschränkteren Veränderungen geeigneten Bedingungen enthalten. Sie müssen selbst schon organische Substanzen sein, welche in die den Organtheilen nöthigen Mischungen übergehen können.

§. 35. Die Natur hat die zunächst gegebenen Verschiedenheiten selbst angedeutet. Die Pflanzenfresser oder Herbivoren beziehen ihre Nahrungsstoffe aus dem Gewächsreiche und die Fleischfresser oder Carnivoren aus dem Thierreiche. Die von gemischter Nahrung lebenden Wesen oder die Omnivoren benutzen beide Abtheilungen der organischen Schöpfung zu ihrem Lebensunterhalte.

Pflanzen- und Fleischfresser.

§. 36. Die Zähne, die Kauwerkzeuge, die Formen und Grössen der einzelnen Abschnitte des Nahrungscanales pflegen ohne Weiteres anzuzeigen, auf welche Art von Nahrung das Thier ursprünglich angewiesen worden. Da die Pflanzengewebe den thierischen ferner stehen, als andere thierische, so lässt sich von vorn herein erwarten, dass sie auch einen grösseren Aufwand von Verdauungskräften für ihre Vorbereitung nöthig haben. Sie enthalten überdies verhältnissmässig mehr stickstofflose als stickstoffreiche Verbindungen. Viele von diesen nahrhaften Substanzen sind in schwerlöslichen Hüllen eingeschlossen. Ein beträchtlicher Ballast unbrauchbarer Verbindungen wird auf diese Weise neben den nützlichen zugeführt. Der Pflanzenfresser ist daher genöthigt, mehr Nahrungsmassen aufzunehmen. Sein Verdauungscanal muss eine grössere Räumlichkeit darbieten und die Ungunst der Nebenverhältnisse durch eine längere Dauer und eine stärkere Intensität der Zersetzungen auszugleichen suchen.

Grössere Nahrungseinnahme der Pflanzenfresser.

§. 37. Eine Stute, die 425 Kilogr. wog, erhielt täglich 10 Kilogr. Heu, 2 Kilogr. Hafer und 30 Kilogr. Wasser. Ihre feste Nahrung glich daher $^1/_{35}$ und ihre flüssige $^1/_{14}$, mithin Alles zusammen $^1/_{10}$ des Körpergewichtes. Ein mässig genährtes Pferd führte 50 bis 60, und ein Thier, das längere Zeit vor dem Tode gefastet hatte, 35 Kilogr. Kothmassen. Die Speisereste betrugen $^1/_8$ bis $^1/_{12}$ des Körpergewichtes. Der tägliche Bedarf einer milchgebenden Kuh steigt im Allgemeinen auf $^1/_{30}$ der Körpermasse an Heu und $^2/_{15}$ an Wasser, mithin $^1/_6$ des Ganzen. Ein Kaninchen, das 1,05 Kilogr. gewogen hatte, enthielt 244 Grm. Nahrungsreste oder ungefähr $^1/_4$ seines Gesammtgewichtes in den verschiedenen Abschnitten der Verdauungswerkzeuge. Wenn auch die Pflanzenfresser längere Zeit vor dem Tode gehungert haben, so schliesst doch immer noch ihr Nahrungscanal verhältnissmässig beträchtliche Mengen von Speisesubstanzen ein.

§. 38. Die Fleischfresser führen in dieser Hinsicht zu anderen Erscheinungen. Eine Katze von 2,85 Kilogr. Körpergewicht, die einige Tage vorher gefastet hatte, barg nur $^1/_{81}$ in ihren Verdauungswerkzeugen. Diese enthielten $^1/_{21}$ bis $^1/_{22}$ in einer zweiten, 3,8 Kilogr. schweren Katze, deren Magen mit halbverdautem Fleische reichlich gefüllt war.

Nahrungseinnahme der Fleischfresser.

Das Uebermaass der Einnahmen, die sogenannte Luxusnahrung, kann es häufig bewirken, dass die relative Menge der verzehrten Nahrungsmittel in den kleineren Fleischfressern eben so hoch als in den Pflanzenfressern steigt. Katzen und Hunde nehmen dann nicht selten $^1/_8$ bis $^1/_6$ ihres Körpergewichtes und selbst noch mehr in 24 Stunden zu sich. Es ereignet sich hierbei, dass das Maass der Verdauungskräfte überschritten wird. Verbindungen, die sonst in die Blutmasse mit Leichtigkeit übertreten, durchsetzen unter diesen Verhältnissen die Hohlräume des Darmcanals, wie unverdauliche Massen.

Nahrung des Menschen.

§. 39. Ein erwachsener Mensch nimmt durchschnittlich $^1/_{20}$ bis $^1/_{16}$ seines Körpergewichtes an Speise und Trank für 24 Stunden zu sich. Der gewöhnliche Bedarf des Kindes fällt hier, wie in kleineren Geschöpfen überhaupt, verhältnissmässig grösser aus. Er kann auf $^1/_8$ und noch mehr steigen. Die Gewohnheit lässt häufig genug die Menge der Einnahmen das Maass des Bedürfnisses weit überschreiten.

Chemische Eigenschaften der Nahrungsmittel.

§. 40. Eine genügende wissenschaftliche Betrachtung sollte die Bedingungen, unter denen eine gewisse Summe von Verbindungen die Rolle eines Nahrungsmittels übernimmt, als die nothwendigen Folgen gegebener oder möglicher Anziehungserscheinungen darstellen. Die gegenwärtige Physiologie kann diese Aufgabe von keinem so hohen Standpunkte angreifen, weil die unvollkommene Entwickelung der Chemie jede tiefere Untersuchung der Eigenschaften der Nahrungsmittel hindert. Diese lassen sich höchstens nach gewissen Verwandtschaftsgruppen ordnen und theilweise in ihren ferneren Umwandlungserscheinungen verfolgen [1]). Eine kurze Betrachtung der chemischen Grundverhältnisse, welche für die physiologische Untersuchung von Bedeutung sind, wird uns am ehesten zu dieser Erkenntniss vorbereiten.

Chemische Aequivalente.

§. 41. Das chemische Aequivalent ist diejenige relative Gewichtsgrösse, in der sich ein Körper in minimo oder in einfachem Atomenwerthe mit einem oder mehreren anderen verbindet. Die weiteren möglichen Combinationen desselben beruhen auf den empirisch gefundenen Normen der vielfachen Verhältnisse, die den Zahlenwerthen $1^1/_2$, 2, $2^1/_2$ u. s. w. entsprechen.

§. 42. Man nimmt gewöhnlich 100 als das Aequivalent des Sauerstoffs (O) an und bestimmt demgemäss die Grössen, welche den übrigen Grundstoffen zukommen. Der Kohlenstoff (C) hat dann 75,00. Die einfachste Verbindung, das Kohlenoxyd (CO), besteht aus einem Aequivalent Kohlenstoff und einem Sauerstoff, so dass der Aequivalentenwerth 175 beträgt; die multiple Verbindung der Kohlensäure (CO_2) enthält ein Aequivalent Kohlenstoff und zwei Aequivalente Sauerstoff. Ihr Werth gleicht also 275. 175 Gewichtstheile Kohlenoxyd werden 75 Gewichtstheile Kohlenstoff und 100 Sauerstoff oder 42,85 % C und 57,14 % O enthalten. 275 Gewichtstheile Kohlensäure dagegen schliessen 75 Kohlenstoff und 200 Sauerstoff oder 27,27 % C und 72,73 % O in sich.

---

1) Eine ausführliche physiologisch-chemische Darstellung der Nahrungsmittel findet sich in: J. Moleschott, Die Physiologie der Nahrungsmittel. Ein Handbuch der Diätetik. Darmstadt, 1850. 8.

§. 43. Eine binäre Verbindung oder die Vereinigung zweier chemischen Grundstoffe liefert einen ganz anderen Körper, als die einzelnen einfachen Substanzen, aus denen er zusammengesetzt worden. Sie bietet besondere Resultanten, d. h. eigenthümliche Eigenschaften und Anziehungskräfte dar. Die letzteren haben einen gewissen endlichen Werth für andere Atomengruppen, gegen die sich der Körper nicht indifferent verhält. Es kann sich daher z. B. eine binäre Verbindung mit einer zweiten vereinigen. Gewisse gegebene Verhältnissnormen kehren dann für die wechselseitigen Beziehungen der zusammengesetzten Elemente wieder. Man vermag deshalb auch diese verwickelteren Erscheinungen in der gebräuchlichen chemischen Zeichensprache übersichtlich auszudrücken.

Binäre Verbindungen.

§. 44. Das Kali (KO) besteht aus 1 Aequivalent Kalium und 1 Aequivalent Sauerstoff. 1 Aequivalent Kali verbindet sich mit 1 Aequivalent Kohlensäure zu einfach kohlensaurem Kali ($KO . CO_2$), wie wir es in der Pottasche finden oder durch Glühen des weinsteinsauren oder essigsauren Kali darstellen. Da der Aequivalentwerth des Kalium 489,92 beträgt, so werden 864,92 Gewichtstheile jenes wasserfrei gedachten einfach kohlensauren Kalis 589,92 Gewichtstheile oder 68,20 % Kali und 275,00 Gewichtstheile oder 31,80 % Kohlensäure enthalten. 2 Aequivalente Kohlensäure dagegen vereinigen sich mit 1 Aequivalent Kali zu doppelt kohlensaurem Kali ($KO . 2 CO_2$), dessen Zusammensetzung aus den chemischen Aequivalentgrössen seiner Bestandtheile mit Leichtigkeit gefunden wird.

§. 45. Die gegenwärtige Chemie hat noch viele Ausdrücke, die aus älteren, zum Theil unrichtigen oder unvollständigen Anschauungen hervorgegangen sind, unverändert beibehalten. Die Benennungen der Säuren und der Basen, die zu einem neutralen, einem sauren oder einem basischen Salze je nach Verschiedenheit der Aequivalentwerthe zusammentreten, gehören zu dieser Art von Bezeichnungen. Es hängt von der Beschaffenheit der Vereinigungskörper ab, ob eine gewisse Substanz die Rolle einer Säure oder einer Base vertritt. Das scheinbar so indifferente Wasser kann als Säure in den Hydraten der Alkalien und als Base in denen der Säuren wirken und einen wesentlichen dritten Bestandtheil in denen der binären Salze bilden. Es ist daher dann in bestimmten Aequivalentengrössen vorhanden. Das Hydrat des oben erwähnten doppelt kohlensauren Kalis z. B. schliesst 1 Aequivalent Wasser ein ($KO . 2 CO_2 + HO$). Es besteht daher aus 589,92 Gewichtstheilen Kali, $2 \times 275{,}00$ Kohlensäure und 112,50 Wasser, so dass sein Atomengewicht der Summe 1252,40 gleicht. Man findet 47,10 % Kali, 43,92 % Kohlensäure und 8,98 % Wasser.

Säuren und Basen.

§. 46. Die ferneren gegenseitigen Combinationen binärer Verbindungen können zusammengesetztere Körper, wie z. B. die Doppelsalze, herstellen. Die phosphorsaure Ammoniak-Magnesia [$(NH_3 . HO + 2 MgO) PO_5 + 12 HO$], der wir noch in der Folge mehrfach begegnen werden, gehört z. B. zu dieser Art von Substanzen. Die meisten unorganischen Massen, die weder aus Grundstoffen ausschliesslich bestehen, noch blosse Gemenge darstellen, sowie die zusammengesetzteren feuerbeständigen Reste der Pflanzen- und Thiergewebe, lassen sich auf solche allmälige Vereinigungen binärer Gruppen zurückführen.

Verbindungen binärer Körper.

Einfache u. gepaarte Radicale.

§. 47. Die Rolle der **Radicale** oder derjenigen Körper, die sich mit anderen in bestimmten Aequivalentengrössen verbinden, kommt nicht bloss den Grundstoffen, sondern auch zusammengesetzteren Atomengruppen zu. Das Cyan (C_2N), welches, mit Wasserstoff vereinigt, die Blausäure (C_2 N H) erzeugt, liefert ein Beispiel eines solchen binären, das Nicotin (C_{10} H_7 N) des Tabaks eines ternären, und das Morphin (C_{34} H_{19} N O_6) des Opiums eines quaternären Radicales. Die Verhältnisse dieser Verbindungen gestalten sich häufig in verwickelterer Weise, weil ein zweiter Körper mit einem ersten als **Paarling** zusammentritt, ohne dass die Eigenschaft eines Radicals verloren geht. Das Rhodan oder Schwefelcyan (C_2N S_2) bildet einen Paarling von Cyan und Schwefel, das Kakodyl (C_4 H_6 A_5) einen von Methyl (C_2H_3) und Arsenik. Die Eiweisskörper und viele andere physiologisch wichtige Verbindungen werden oft als Paarlinge angesehen, die sich durch mannigfache Zersetzungen spalten, d. h. unverändert oder verändert in andere complicirte Bestandtheile übergehen.

Ternäre und quaternäre Verbindungen.

§. 48. Der Kohlenstoff, der Wasserstoff und der Sauerstoff stellen häufig ternäre und jene drei Elemente mit dem Stickstoff quaternäre Verbindungen dar, deren Atomengruppen sich gleich einem einfachen Grundstoffe einem anderen gegenüber verhalten oder wenigstens abgeschlossene, auf keine binären Verbindungen rückführbare Ganze bilden. Die Wissenschaft kennt bis jetzt nicht die Gründe, weshalb eine ausserordentliche Reihe der verschiedensten Combinationen gerade aus jenen wenigen Elementen erzeugt wird. Da aber die Substanzen, aus denen die pflanzlichen und die thierischen Gewebe bestehen, solchen Atomengruppen angehören, so pflegt man alle hierher zu rechnenden Körper mit dem Namen der organischen Verbindungen zu bezeichnen. Die chemische Nomenclatur geht sogar so weit, dass sie diesen Namen auf ähnliche Massen, die nicht in der lebenden Welt vorkommen, wie z. B. auf die einzelnen Glieder der Kakodylreihe überträgt.

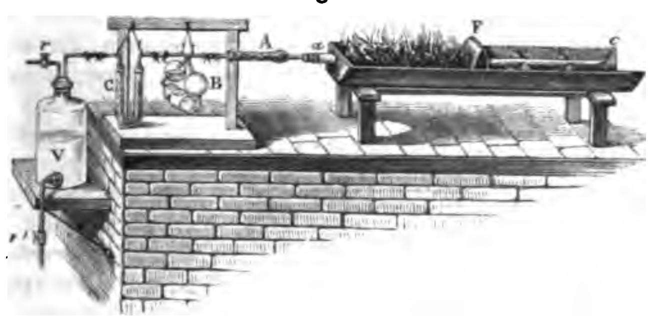
Elementaranalyse.

§. 49. Die Verbrennung, wie sie in den sogenannten **Elementaranalysen** vorgenommen wird, lässt die Mengen des Kohlenstoffes, des Wasserstoffes und des Stickstoffes, die eine solche organische Substanz einschliesst, bestimmen. Das Beispiel eines rein ternären Körpers, wie des Milchzuckers (C_{12} H_{12} O_{12}), der sich in mässiger Wärme nicht verflüchtigt, kann uns den Gang der Analyse am besten erläutern.

§. 50. Die Menge des Sauerstoffes, welche eine solche organische Verbindung einschliesst, reicht nicht hin, allen Kohlenstoff in Kohlensäure und allen Wasserstoff in Wasser überzuführen. So wie die Möglichkeit von binären Verbindungen gegeben ist, wird auch die organische Substanz in jenem Sinne zerlegt. Die Elementaranalyse fusst auf dieser Erscheinung. Man verbrennt die vollkommen getrocknete Masse allmälig mit Körpern, wie Kupferoxyd oder chromsaurem Bleioxyd, die Sauerstoff abgeben (*a Fc*, Fig. 1), und zieht noch die Mitwirkung reinen Sauerstoffgases zu Hülfe, wenn die blosse Atmosphäre zur vollständigen Umwandlung nicht hinreicht. Die gebildeten Wasserdämpfe werden in einer Röhre, die Chlorcalcium, Schwefel- oder Phosphorsäure führt (*A*, Fig. 1), und die Kohlensäure in einem mit Kalilösung gefüllten Kugelapparate, *B*, oder einem Kohlensäureeudiometer zurückgehalten. Eine Trockenungsröhre, *C*, kann die Störun-

gen, welche die Dämpfe der Kalilösung herbeiführen, beseitigen und ein Aspirator, *r V*, die rückständigen Gase und Dünste aus der Verbrennungs-

Fig. 1.



röhre, *ac*, nachsaugen. Die Gewichtszunahmen des Wasser- und des Kohlensäureapparates lassen berechnen, wie viel Wasserstoff und Kohlenstoff das ebenfalls bekannte Gewicht der verbrannten organischen Verbindung enthalten hat. Der Rest giebt den Sauerstoff, dessen Werth auf diese Weise mit der Summe der positiven oder negativen Fehler der beiden anderen Grundstoffe belastet bleibt.

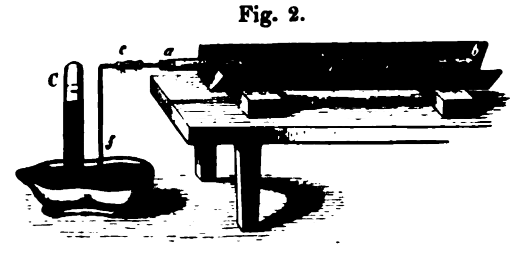
0,250 Grm. Milchzucker, die man auf die eben erwähnte Weise behandelt, würden 0,363 Grm. Kohlensäure und 0,151 Grm. Wasser liefern. Diese Werthe entsprechen 0,099 Grm. Kohlenstoff und 0,017 Grm. Wasserstoff, so dass noch 0,134 Grm. auf den Sauerstoff kommen. Der Milchzucker enthält hiernach 39,60% Kohlenstoff, 6,80% Wasserstoff und 53,60% Sauerstoff.

Will man die Aequivalentenwerthe bestimmen, so muss man zunächst jede dieser Grössen durch die entsprechende Aequivalentzahl theilen. Man hat daher 39,60 : 75,00 = 0,528 für den Kohlenstoff, 6,80 : 12,50 = 0,544 für den Wasserstoff und 53,60 : 100 = 0,536 für den Sauerstoff. Lässt man nun die beiden letzten Decimalen unberücksichtigt und verdoppelt die ersten, um ganze Zahlen zu erhalten, so findet man $C_1 H_1 O_1$. Man sieht aber leicht, dass jedes beliebige Multiplum dieser Werthe den gefundenen Thatsachen eben so gut entsprechen würde, weil die Verbrennung nur über das gegenseitige Verhältniss der Grundstoffe, nicht aber über die absolute Grösse eines jeden Aufschluss geben kann. Die Elementaranalyse allein reicht also nicht hin, die chemische Formel und mit dieser die Summe der Aequivalente der einzelnen wahrhaft vorhandenen Bestandtheile oder das Atomengewicht der organischen Masse festzustellen. Die Sättigungscapacität oder die Mengen von geeigneter Base oder Säure, die nöthig sind, um eine organische Säure oder Base in eine neutrale Verbindung überzuführen, kann diese Lücke für viele hierzu geeignete organische Substanzen ausfüllen. Passende Zersetzungen oder Prüfungen der Dampfdichtigkeit helfen bisweilen bei indifferenteren Verbindungen, welche die eben erwähnte Untersuchung nicht gestatten. Alle diese Mittel, die nur zweifelhafte Ergebnisse in vielen Fällen liefern, lassen sich in anderen gar nicht anwenden. Man kennt daher auch noch nicht die Aequivalente einzelner organischer Verbindungen und zwar nicht selten gerade derer,

welchen die wichtigsten Rollen in dem thierischen Haushalte zugeschrieben werden.

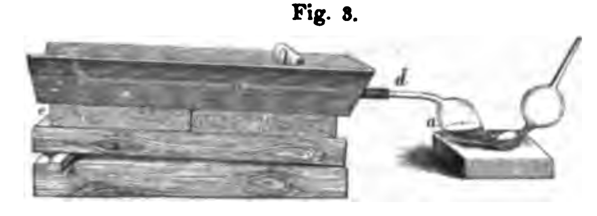
§. 51. Die quaternären organischen Verbindungen machen eine doppelte Analyse nothwendig. Die eine bestimmt den Kohlenstoff und Wasserstoff in gleicher Weise, wie in den ternären Substanzen, die andere dagegen den Stickstoff dem Volumen oder indirect dem Gewichte nach. Man verbrennt den Körper mit Kupferoxyd (*ab*, Fig. 2), legt zugleich etwas doppelt kohlensaures Natron vor, damit die bei dem Glühen frei werdende Kohlensäure den Apparat von atmosphärischer Luft reinige, und leitet die Kohlensäure und den Stickstoff durch eine Entbindungsröhre, *cf*, in ein in einer pneumatischen Wanne aufgestelltes Eudiometer *C*, das mit Quecksilber gefüllt und abgesperrt worden. Hat man nun die Kohlensäure durch Kalilauge entfernt, so kann man das Volumen des Stickstoffes unmittelbar messen und das Gewicht desselben unter Berücksichtigung der Temperatur, der Dampfspannung und des Barometerstandes berechnen.

Fig. 2.



§. 52. Da dieses Verfahren bedeutende Fehlerquellen einschliesst, so verfährt man zweckmässiger, wenn man die organische Verbindung mit Natronkalk verbrennt (*ae*, Fig. 3). Der Stickstoff geht dann in der Form des Ammoniaks davon. Man hält dieses durch verdünnte Salzsäure, die sich in der angesetzten Kugelröhre *da* befindet, zurück. Man vermischt dann die Lösung des Chlorammonium mit Platinchlorid, verdampft das Ganze, behandelt den Rückstand mit einer Mischung von Weingeist und Aether, und erhält so einen unlöslichen Rest von Chlorplatinammonium, aus dessen Gewicht man den ursprünglichen Stickstoffgehalt unmittelbar oder besser erst nach dem vollständigen Glühen berechnet.

Fig. 3.



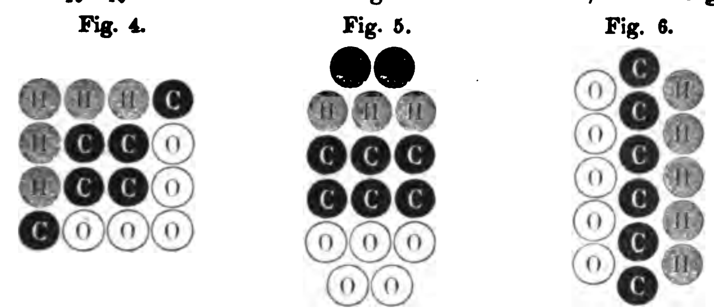
§. 53. Die organische Elementaranalyse konnte bis jetzt nicht den Grad von Genauigkeit, den ihre Zwillingsschwester, die Eudiometrie, darbietet, erreichen. Irrthumsgrössen, die $^1/_5$ bis $^1/_2$ % für einen einzelnen Bestandtheil betragen, kommen häufig vor. Diese Fehler genügen aber in vielen Fällen, die Bestimmung der relativen Aequivalente zweifelhaft zu lassen.

Isomere Körper.

§. 54. Ein anderer Umstand, der gerade die Physiologie in mancher Hinsicht hart berührt, raubt einen nicht geringen Theil ihres Werthes den Ergebnissen der Elementaranalysen. Manche Körper, die in ihren Eigenschaften und ihren physiologischen Beziehungen wesentlich abweichen, geben nichts desto weniger die gleichen Formelwerthe. Die verschiedenen Arten des Stärkemehls, wie das Amylon, das Lichenin, das Inulin, die Cel-

lulose, das Gummi, führen zu dem gemeinschaftlichen Ausdrucke $C_{12}H_{10}O_{10}$, und ganz differente Oele, wie Citronen-, Nelken- und Terpentinöl, zu der Formel $C_{20}H_{16}$. Man hilft sich häufig mit der Annahme, dass die gleichen

Fig. 4. Fig. 5. Fig. 6.



relativen Atomenmengen dieser isomeren Körper verschieden angeordnet seien, wie es Fig. 4 bis 6 schematisch versinnlicht. Diese Hypothese kann aber, so lange sie allgemein gehalten bleibt, keine wahre Erklärung abgeben oder das praktisch bestehende Missverhältniss zwischen den Foderungen und den Leistungen der Untersuchung ausgleichen.

§. 55. Die Zusammensetzung der sogenannten quaternären Verbindungen des Pflanzen- und des Thierreiches wird noch dadurch verwickelter, dass gewisse Mengen von Schwefel und Phosphor mit den organischen Elementen vereinigt sind. Man kann die Quantitäten dieser Körper in vielen Fällen nicht sicher bestimmen, und daher ihre Aequivalentzahlen nicht angeben.

Schwefel- und Phosphorgehalt.

§. 56. Eine Eigenthümlichkeit anderer Art steigert noch die Verwickelung in unübersehbarem Maasse. Manche organische Körper hinterlassen keinen festen Rückstand nach dem Verbrennen. Sie enthalten nur feuerflüchtige Elemente. Andere dagegen liefern einen fixen Rest, eine gewisse Menge von feuerfesten Verbindungen oder von Asche, die aus binären Massen, wie die meisten unorganischen Substanzen, besteht. Kieselsäure, kohlensaure, schwefel- und phosphorsaure Alkalien und Erden, Verbindungen des Chlor mit Kalium, Natrium, Calcium oder Magnesium, Fluorcalcium, Eisen- und Manganoxyd finden sich häufig in diesen Verbrennungsresten. Man kann mit Bestimmtheit behaupten, dass die Asche andere Verbindungen, als in der frischen organischen Masse vorhanden waren, in den meisten Fällen besitzt. Das Glühen verwandelt organischsaure Salze in kohlensaure. Es kann einen Theil der Kohlensäure, Chlorverbindungen und andere minder feuerfeste Bestandtheile austreiben und neue Combinationen erzeugen, z. B. schwefelsaure Salze in Schwefelmetalle überführen. Die Asche gestattet daher häufig keinen Rückschluss auf die Verhältnisse der frischen Gebilde. Ihre Beziehungen zu den feuerflüchtigen Bestandtheilen bleiben aber in der Regel räthselhaft, wenn auch keine solche Hindernisse störend eingreifen.

Asche.

§. 57. Viele organische Verbindungen bilden zusammengehörende Gruppen oder homologe Reihen, die sich durch die gesetzmässigen Beziehungen ihrer Formelwerthe oder gewisse gemeinschaftliche Eigenschaften und die Leichtigkeit ihrer wechselseitigen Umwandlung auszeichnen. Die Aetherderivate, die von der Kohlenwasserstoffverbindung C_4H_8, und die

Homologe Reihen.

Methyle, die von C_2H_4 ausgehen, die Reihe der sogenannten fetten Säuren, deren Zusammensetzung dem Schema $C_{2n}H_{2n-1}O_3 . H . O$ folgt, andere Säurenreihen, denen des Paradigma $C_nH_{n\ 1}O_4$, $C_nH_nO_6$ oder $C_{2n}H_2(_{n-4})O_4$ zum Grunde liegt, manche flüchtige Alkaloide, aus deren Formel sich die Elemente des Ammoniak (NH_3) in Verbindung mit verschiedenen Kohlenwasserstoffen (C_mH_n) herleiten lassen, bilden solche chemische Gruppen, in denen häufig die homologen Formeln von ähnlichen chemischen Eigenschaften begleitet werden. Die verschiedenen Kohlenhydrate, die nach dem Schema $C_mH_nO_n$ zusammengesetzt sind, gehen unter vielen Verhältnissen in einander über. Aehnliche Eigenschaften und leichtere Umwandlungen verbinden auch die Gruppe der Eiweisskörper, die wir in dem Thier- und dem Pflanzenreiche antreffen.

Wassergehalt der organischen Theile.

§. 58. Kehren wir nun zu der chemischen Bedeutung der Nahrungsmittel zurück, so müssen zunächst die Verhältnisse des Wassers unsere Aufmerksamkeit fesseln. Diese Verbindung (HO) bildet den bei Weitem grössten Theil der Körpermasse der Pflanzen und der Thiere, weil sie nicht bloss in den tropfbar flüssigen, sondern auch in den festeren Gewebtheilen in reichlicher Menge enthalten ist. Ein unter Baumöl getödteter Frosch z. B., der 29,84 Grm. in frischem Zustande gewogen hatte, hinterliess nur 5,40 Grm. nach dem Trocknen bei 100° C. Das Wasser und die verhältnissmässig geringere Menge anderer Stoffe, welche bei jener Temperatur in Dampfgestalt austraten, betrugen daher 81,9% oder mehr als $^4/_5$ des Ganzen. Da aber der lebende Organismus beträchtliche Wassermengen in seinen Ausgaben fortwährend verliert, so gehört auch ein hinreichender Ersatz dieser Verbindung zu den ersten Bedingungen der Lebensdauer.

Speise und Trank.

§. 59. Die Consistenzgrade der Nahrungsmittel lassen die Getränke und die Speisen in dem gewöhnlichen Sprachgebrauche unterscheiden. Indem wir aber weder reines destillirtes Wasser, noch vollkommen wasserfreie Körper geniessen, so folgt, dass alle Getränke feste Verbindungen, die aufgelöst oder mechanisch beigemengt sind, und alle festen Nahrungsmittel Wasser, das chemisch gebunden oder nur mechanisch vertheilt ist, in den Organismus einführen. Körper, die wir zu den Speisen rechnen, können daher mehr Wasser, als einzelne Getränke einschliessen.

Wasser der Getränke.

§. 60. Das Trinkwasser der laufenden Brunnen von Bern, dessen Eigenschwere 1,0005 bis 1,0008 bei 8° bis 10° C. beträgt, enthält die verhältnissmässig beträchtliche Menge von $^1/_{20}$ % festen Rückstandes. Eine gute Fleischbrühe hinterlässt nach dem Verdampfen $1^1/_2$%, Limonade $3^1/_2$%, Rheinwein 2 bis $5^1/_2$%, stärkeres Bier $4^1/_2$ bis 7,3 %, einzelne Proben von Eselsmilch 9,5%, von guter Kuhmilch 12,6% und von Ziegenmilch selbst 18,0 %. Saftige Gurken dagegen liefern nur 3 % und frische Zwiebeln 6 %.

Wassergehalt der Speisen.

§. 61. Die meisten Speisen führen an und für sich nur ungefähr eben so viel oder weniger Wasser als unsere festen Gewebtheile. Die Zubereitung oder der Genuss der Getränke ergänzt in vielen Fällen den sparsamen Wassergehalt der Nahrungsmittel.

Die Muskelmassen des Menschen verlieren ungefähr $^3/_4$ ihres Gewichtes bei dem scharfen Austrocknen. Das rohe Rindfleisch und die Kartof-

feln führen zu ähnlichen Werthen. Schwarzbrot dagegen gab nur 56,7 bis 55,0 % und Weissbrot 55,0 %. Rohe Erbsen enthalten 85,1 %, Linsen 84,1 % und Bohnen 85,9 % Wasser. Da das Fettgewebe, wenn es nicht zersetzt wird, nur die Feuchtigkeit der Zellenwände, der Kerne und des durchziehenden Bindegewebes bei 100° C. verlieren kann, so liefert hier die Eintrocknung verhältnissmässig hohe Werthe der festen Rückstände. Hammeltalg ergab z. B. in dieser Beziehung 96,2 % und Schweineschmalz 97,6 %. Die Pulver krystallisirter Verbindungen endlich werden nur um so viel leichter, als Wasserdampf zwischen ihren kleinen Bruchstücken zurückgehalten worden. Rohrzucker nahm daher z. B. bloss um 0,6 % bei 100° C. ab.

§. 62. Der reichliche Wassergehalt vieler Nahrungsmittel erklärt es, weshalb saftigere Speisen, wie die meisten Früchte, den Durst löschen und der blosse Genuss passender fester Verbindungen alle Bedürfnisse eine Zeit lang befriedigen kann. Der Arzt muss übrigens die Wassermassen, die mit den Speisen zugeführt werden, immer im Auge behalten. Ein Harnruhrkranker kann z. B. grössere Mengen von Wasser in seinem Urine entfernen, als er in seinen Getränken in der gleichen Zeiteinheit eingenommen hat. Der Wassergehalt der festen Nahrungsmittel und nicht etwa eine ausserordentliche Wassererzeugung der Gewebe deckt in diesem Falle die oft beträchtlichen Unterschiede.

Gase der Flüssigkeiten.

§. 63. Reines Wasser oder eine andere tropfbare Flüssigkeit, die mit Gasen in Berührung kommt, nimmt einen Theil derselben in sich auf. Die Mengen, welche auf diese Art verschluckt werden, wechseln mit der Beschaffenheit der tropfbaren und elastischen Fluida. Jede Flüssigkeit hat zunächst ein eigenes Absorptionsvermögen für eine gegebene Gasart, das mit der gegenseitigen Anziehung der Flüssigkeitstheilchen und der der Gastheilchen unter einander abnimmt und daher in höherer Temperatur beeinträchtigt wird. Man kann deshalb die absorbirten Gase durch das Kochen entfernen.

Einfluss des Druckes auf die absorbirten Gasmengen

§. 64. Das relative Volumen, nicht aber die Dichtigkeit einer verschluckten Gasart bleibt von dem Drucke unabhängig, so lange keine chemische Wirkung störend eingreift. 1 Vol. Flüssigkeit verschluckt das gleiche Volumen x eines Gases, der äussere Druck mag b, $n\,b$ oder $\frac{b}{n}$ betragen. Da aber die Volumina der Gase in umgekehrtem Verhältnisse zu den Drucken nach dem allerdings mit einzelnen Ausnahmen behafteten Mariotte'schen Gesetze stehen, so wird das Gasvolumen x, das unter dem Drucke b aufgenommen worden, n Mal so viel wiegen, als das gleiche Volumen x, das unter dem Drucke $\frac{b}{n}$ eingeführt wurde. Dieser Satz liefert ein zweites Mittel, die verschluckten Gase zu entfernen. Man bringt die Flüssigkeit in die verdünnte Atmosphäre der Glocke der Luftpumpe, um die absorbirte Luft nach Maassgabe der Spannungsabnahme austreten zu lassen.

Absorption von Gasmischungen

§. 65. Die Menge eines Gases, die ein bestimmtes Flüssigkeitsvolumen aufnimmt, ändert sich, je nachdem die Luftart in reinem Zustande oder mit anderen Gasen vermischt zur Absorption geboten wird. Die Zahlen, die man in solchen Wechselversuchen erhält, scheinen die von Dalton

aufgestellte Theorie nicht zu unterstützen. Die Temperatur bestimmt übrigens die Werthe in hohem Grade.

Verdrängung der absorbirten Gase.

§. 66. Hat sich eine Flüssigkeit mit einem Gase gesättigt, so wird ein Theil desselben ausgetrieben, so wie man ein anderes Gas wirken lässt. Man gewinnt hierdurch ein drittes Mittel, enthaltene Gase auszuscheiden.

Absorptionscoëfficienten.

§. 67. Die Absorptionscoëfficienten lassen die relativen Mengen der einzelnen Bestandtheile einer verschluckten Luftmischung theoretisch bestimmen. Da unsere Quellen und Flüsse, deren Wasser wir zum Trinken benutzen, mit den Verbindungen der Atmosphäre gesättigt werden können, so wollen wir sehen, wie sich die Verhältnisse gestalten müssten, wenn nicht andere Nebenumstände verändernd eingriffen.

Gase des reinen Wassers.

§. 68. Die atmosphärische Luft, deren Zusammensetzung ziemlich beständig bleibt, führt im Durchschnitt 79,00% Volumenprocente Stickstoff, 20,96% Sauerstoff und 0,04% Kohlensäure. Legt man + 3°,2 C. (und 760 Mm. Barometerstand) zum Grunde, so gleicht nach Bunsen der Absorptionscoefficient des Stickstoffes 0,02189, der des Sauerstoffes 0,04553 und der der Kohlensäure 1,5184. Wasser von 3°,2 C. würde hiernach eine Luftmischung, die 63,02% Stickstoff, 34,77% Sauerstoff und 2,21% Kohlensäure enthält, im Zustande der Sättigung aufgenommen haben. Der Sauerstoff und die Kohlensäure müssen in verhältnissmässig reichlicherer, der Stickstoff dagegen in beschränkterer Menge, als in der Atmosphäre vorhanden sein.

Gase des Trinkwassers.

§. 69. Das Letztere bestätigt sich auch im Allgemeinen für das Regen-, das Quell- und das Flusswasser. Die einzelnen Procentwerthe weichen dagegen von den oben angeführten ab. Baumert [1]) erhielt z. B. 64,47% Stickstoff, 33,76% Sauerstoff und 1,77% Kohlensäure für Regenwasser von 11°,4 C., und 70,37% Stickstoff, 28,73% Sauerstoff und 0,90% Kohlensäure für Oderwasser von + 3° C., das bei Breslau geschöpft und sogleich untersucht wurde. Nimmt man auch an, dass das Auskochen und die spätere chemische Analyse nur unmerkliche Beobachtungsfehler erzeugten, so lassen mehrere andere Gründe jene Abweichungen erklären. Der Boden, den die Gewässer berühren, kann schon Gase entfernen oder hinzufügen. Da unsere Quell- und Flusswasser schwache Salzlösungen bilden, so werden ihre Absorptionscoefficienten von denen des reinen Wassers abweichen. Die überall verbreiteten organischen Stoffe üben auch hier ihre Einflüsse aus. Sie können durch ihre Zersetzung Sauerstoff verzehren und Kohlensäure ausscheiden. Dieser Umstand erklärt es wahrscheinlich, weshalb das zuletzt erwähnte Oderwasser, nachdem es 72 Stunden lang in einer Flasche abgesperrt, bei + 15° bis 17° C. gestanden hatte, 70,42% Stickgas, 22,02% Sauerstoff und 7,56% Kohlensäure lieferte.

§. 70. Das Trinkwasser enthält häufig noch andere Gase, als die, welche in der gewöhnlichen Atmosphäre vorkommen. Die Fäulnisszersetzung der organischen Massen und die Einflüsse, welche diese auf einzelne Bodenbestandtheile, z. B. die schwefelsauren Salze ausüben, lassen leicht Schwefelwasserstoff frei werden. Das Wasser der artesischen Brunnen von Paris z.B. führt, nach Chevreul, merkliche Mengen von Schwefelwasserstoff. Kohlenwasserstoff ist in einzelnen Mineralwassern nachgewiesen worden.

§. 71. Der feste Rückstand der laufenden Brunnen in Bern enthält Kieselsäure, Chlorverbindungen des Natrium, Calcium und Magnesium, salpetersaures und schwefelsaures Kali und Natron, kohlensaure, salpetersaure und schwefelsaure Kalkerde, kohlensaure und schwefelsaure Bittererde und Eisenoxyd. 1 Liter führt durchschnittlich 3,14 Milligrammen kohlensaurer Kalkerde. Die beträchtlichen Mengen, welche nach und nach verbraucht werden, verleihen diesen Bestandtheilen eine grössere Wichtigkeit, als sich nach den scheinbar geringen absoluten Quantitäten erwarten liesse. Dieses gilt nicht bloss von dem gewöhnlichen Trinkwasser, sondern auch von den meisten Mineralwässern, die ihre wahre Wirkung ihrer chemischen Zusammensetzung verdanken.

Salze des Trinkwassers.

§. 72. Die Kohlensäure, die ein Wasser enthält, kann den einfach kohlensauren Kalk ($CaO.\ CO_2$) auflösen. Geht sie auf irgend eine Weise davon, so schlägt sich jene Kalkverbindung von Neuem nieder. Die Stalaktiten, die Tuffsteine und viele Incrustationen entstehen auf diese Weise. Der Pfannenstein, der sich in unseren Kochgeschirren erzeugt, enthält deshalb vorzugsweise kohlensauren Kalk neben Kieselsäure, phosphorsauren Kalk- und Talkverbindungen und anderen Bestandtheilen des gebrauchten Kochwassers. Trinkwasser, das viel Kalk enthält, trübt sich nach längerem Stehen, weil ein Theil der Kohlensäure austritt (§. 66).

Niederschläge des Trinkwassers.

§. 73. Die Mineralwasser und vor Allem die Säuerlinge (wie die von Selters, Fachingen, Kissingen) führen häufig bedeutende Mengen von Kohlensäure, von der ein Theil perlend oder schäumend austritt, so wie die Flüssigkeit einem geringeren Drucke ausgesetzt wird (§. 64). Die trinkbaren Salzsoolen (z. B. die von Homburg, Kissingen) enthalten viel Kochsalz ($NaCl$) neben anderen Chlorverbindungen, die sogenannten Seifenwasser (Ems, Bilin, Töplitz, Plombières, Vichy) kohlensaueres Natron ($NaO.CO_2$), das oft von kohlensaurem Eisenoxydul ($FeO.CO_2$) begleitet wird, die Glaubersalzwasser (Karlsbad, Marienbad, Eger) schwefelsaures Natron ($NaO.SO_3 + 10HO$), zu dem sich häufig beträchtliche Kohlensäuremengen hinzugesellen, die Bitterwasser (Saidschütz, Seidlitz, Püllna) schwefelsaure Magnesia ($MgO.SO_3 + 7HO$) nebst schwefelsaurem Natron und anderen Salzen der Alkalien und der Talkerde, oder Chlormagnesium ($MgCl + 6HO$) mit anderen Chlorverbindungen und schwefelsauren Salzen, die Kieselwasser (Geyser) reichliche Mengen von Kieselsäure (SiO_3), welche ihre höhere Wärme oder die nebenbei vorhandene Kohlensäure gelöst erhält, die Stahlwasser (Pyrmont, Spaa, Kissingen, Eger) Eisenverbindungen mit Kohlensäure, Chlor oder Schwefelsäure, und die Cementwasser (Alexisbad, Hermannsbad, Buckowine) schwefelsaure Salze der Thonerde, des Eisens, Kupfers oder Zinks, zu denen sich freie Kohlensäure und selbst freie Schwefelsäure (Pisciarelli bei Neapel) hinzugesellen kann. Die Schwefelquellen endlich (Aachen, Wiesbaden, Leuk, Schinznach, Acqui, Aix, Barèges, Bagnères de Luçon) führen Schwefelwasserstoff (HS) mit Schwefelnatrium und Schwefelcalcium, Kohlensäure oder kohlensaurem Eisenoxydul. Sie bieten übrigens immer nur verhältnissmässig geringe Mengen von Schwefelwasserstoffgas dar. Ein reichlicher Gehalt von Kohlensäure kann von kleinen Quantitäten von kohlensaurem Eisenoxydul in den verschie-

Gesundbrunnen.

densten Mineralwässern, vorzüglich in den sogenannten Eisensäuerlingen begleitet werden.

§. 74. Giftige Metalle, wie Arsenik, Kupfer, Silber, Zinn, Zink, Blei und Spiessglanz, die sich in vielen Mineralquellen nachweisen lassen, kommen in so geringen Spuren vor, dass ihre absoluten Mengen selbst für die grösseren, vom Menschen genossenen Wassermassen nicht berücksichtigt zu werden brauchen. Dasselbe gilt von dem Lithion, Baryt und Strontian. Jod und Brom dagegen, die häufig das Chlor begleiten, sind nicht selten in kleinen, aber hinreichenden Quantitäten vorhanden, um eigenthümliche Heilkräfte möglich zu machen.

Milch.

§. 75. Die **Milch** bildet eines der vorzüglichsten von der Natur bereiteten Getränke, dessen Educte wiederum verschiedene andere Nahrungsmittel, z. B. die Butter und den Käse, liefern. Wenn wir einen Tropfen Milch unter stärkeren Vergrösserungen betrachten, so finden wir, dass eine gleichartige und durchsichtige Grundflüssigkeit eine grosse Menge eigenthümlicher Gebilde, die Milchkörperchen (Taf. V. Fig. LXXIX. *a b c*, Fig. LXXX. *a*), enthält. Sie bestehen aus Fettkügelchen, die, von einer verdichteten Hülle umgeben, in der Milch, wie in einer Emulsion, vertheilt sind. Aggregate von Milchkörperchen, die durch eine zum Theil körnige Masse zusammengehalten werden, die sogenannten Colostrumkörperchen (Taf. V. Fig. LXXIX. *d*, Fig. LXXX. *b*) zeigen sich am häufigsten in der Milch, die vor und in der ersten Zeit nach der Geburt abgesondert wird. Sie können aber auch in der späteren Milch vereinzelt auftreten.

§. 76. Wasser, Käsestoff, Milchzucker, Fett und eine Reihe feuerbeständiger Verbindungen, wie Chlorkalium, Chlornatrium, phosphorsaures, schwefelsaures und oft auch kohlensaures Kali und Natron, phosphorsaure Kalk- und Talkerde und Eisenoxyd, bilden die wesentlichsten Bestandtheile der Milch. Kohlensäure lässt sich mit Hülfe der Luftpumpe austreiben (§. 64). Die Durchschnittszahlen, welche **Vernois** und **Becquerel** [7]) nach ihren zahlreichen Beobachungen angeben, können uns am ehesten die relativen Werthe der einzelnen Hauptbestandtheile versinnlichen. Es fand sich:

Milch der	Zahl der zum Grunde gelegten Beobachtungen.	Durchschnittliche Eigenschwere.	Mittlere Gewichtsprocente				
			Wasser.	Käsestoff (nebst Extractivstoff).	Milchzucker.	Butter.	Asche.
Kuh . . .	30	1,03338	86,41	5,52	3,80	3,61	0,66
Ziege . .	7	1,03353	84,49	5,51	3,69	5,69	0,62
Schaf . .	4	1,04098	83,23	6,98	3,94	5,13	0,72
Esel . .	11	1,03457	89,01	3,57	5,05	1,85	0,52
Stute . .	2	1,03374	90,43	3,34	3,27	2,44	0,52
Hündin .	4	1,04162	77,21	11,69	1,53	8,79	0,78
Frau . .	45	1,03267	88,91	3,92	4,36	2,67	0,14

Die reine Kuhmilch führt hiernach ziemlich viel Käsestoff und mässige Mengen von Milchzucker, Butter und Salzen. Die gewöhnlichsten Verfälschungen derselben bestehen in Beimischungen von Wasser und in Zusätzen von stärkemehlartigen Körpern, Gummi, Zucker, Gallerte, Eiweiss oder Eigelb, Blutserum, Gehirn oder doppelt kohlensaurem Natron.

Rahm und Butter.

§. 77. Die geringere Eigenschwere der Milchkörperchen bedingt es, dass sich ein grosser Theil derselben in den oberen Schichten der Milch bei dem ruhigen Stehen ansammelt. Diese fettreicheren Lagen bilden den Rahm, den man zur Butterbereitung benutzt. Man sucht dann die Fettkörperchen von den übrigen Bestandtheilen des Rahmes, die als Buttermilch zurückbleiben, auf mechanischem Wege zu trennen und durch nachträgliches Waschen noch mehr zu reinigen. Die auf diese Art erhaltene Butter besteht vorzugsweise aus Margarin, welches ungefähr 68%, und Elain, das 32% in Anspruch nimmt. Butyrin, Caprin und Caproin sind nur in geringen Mengen vorhanden.

Käse.

§. 78. Der Käse ist eine Mischung des festgewordenen Käsestoffes oder Caseins mit einem Theile des Fettes der Milch. Man lässt gewöhnlich die rahmlose Milch gerinnen, unterstützt diesen Process durch den Zusatz von Schleimhautstücken des vierten Magens des Kalbes, formt den Niederschlag zu festen Massen und versetzt diese von Zeit zu Zeit mit nicht unbedeutenden Mengen von Kochsalz.

Künstliche Getränke.

§. 79. Die künstliche Bereitung der Getränke benutzt vorzugsweise zweierlei Hergänge, die Einwirkung des warmen Wassers auf viele organische Verbindungen und die Selbstzersetzung, welche die Gährungsprocesse einleiten. Die verschiedenen Suppen, die Abkochungen des Kaffee und der Chocolade, der Aufguss des Thee gehören in die erste und die mannigfachen gegohrenen Getränke in die zweite Klasse von Nahrungsmitteln.

Fleischsuppen.

§. 80. Die durch allmäliges Erwärmen des Fleisches erhaltene und abgeschäumte, d. h. von dem geronnenen Eiweisse auf mechanischem Wege grossentheils befreite Fleischbrühe führt Milchsäurehydrat ($C_{12}H_{10}O_{10} \cdot 2HO$), Inosinsäure ($C_{10}H_6N_2O_{10} \cdot HO$), Glutin oder Gallerte, sogenanntes Proteintritoxyd, Kreatin ($C_8H_9N_3O_4$) und Kreatinin ($C_8H_7N_3O_2$) neben Wasser und einer gewissen Menge von Aschenbestandtheilen, die ungefähr $^1/_4$ des festen Rückstandes (§. 60) betragen und von denen sich im Durchschnitt $^4/_5$ in Wasser lösen. Das Fleisch wird bei dieser Art von Suppenbereitung vollständiger ausgesogen. Wirft man es dagegen in kochendes Wasser, so hindern die sich bildenden Umhüllungsschichten des geronnenen Eiweisses die vollständige Einwirkung der heissen Flüssigkeit. Die Suppe verliert dann auf Kosten der geniessbarer erhaltenen Fleischmasse.

Bouillontafeln.

§. 81. Die Bouillontafeln bestehen zum grössten Theile aus Gallerte. Da aber das Glutin keinen der wesentlich nahrhaften Bestandtheile einer guten Fleischbrühe ausmacht, so kann die Auflösung jener Tafeln in warmem Wasser kein vollständiges Surrogat der Brühen liefern. Der anhaltende Gebrauch derselben wird die nöthigen Ernährungsstoffe dem Organismus nicht zuführen.

Kaffee und Thee.

§. 82. Die Bohnen des **Kaffee** (*Coffea arabica*) und die Blätter des chinesischen **Thees** (*Thea bohea*) oder des in Südamerika gebrauchten Paraguaythees (*Ilex paraguaiensis St. Hil.*; *I. gongonha Martius*) enthalten ein schwach basisches Alkaloid von der gleichen elementaranalytischen Zusammensetzung, das Caffein oder Thein ($C_{16} H_{10} N_4 O_4$). Die Theeblätter sollen es theils frei, theils als gerbsaures Thein (0,51 bis 5,84%) und die Kaffeebohnen frei (0,80%) und als kaffeegerbsaures Kali-Caffein (3,5 bis 5,0%) führen. Da es aus 49,3% C, 5,2% H, 29,1% N und 16,4% O besteht, so zeichnet es sich durch seinen verhältnissmässig grossen Stickstoffgehalt aus. Man hat die eigenthümliche giftige Wirkung gewisser Alkaloide aus diesem Umstande herleiten und es als eine besondere Folge des Instinctes des Menschen ansehen wollen, dass er zwei sehr verschiedene Gewächse, wie den Kaffeebaum und die Theestaude, die aber gerade jenes Caffein oder Thein liefern, aus der unermesslichen Zahl der Pflanzen für seine Getränke auswählte. Wir werden in der Folge sehen, dass diese Ansichten auf keiner sicheren Grundlage ruhen. Es frägt sich sogar noch, ob die Hauptwirkungen des Kaffee und des Thees von jenen Alkaloiden ausschliesslich bestimmt werden.

Chokolade.

§. 83. Der Kakao (der Same von *Theobroma cacao*), der zur **Chocoladenbereitung** dient, besitzt ebenfalls ein eigenes Alkaloid, das Theobromin ($C_{14} H_8 N_4 O_4$), das sogar 35% Stickstoff darbietet. Eiweiss (16,7%), Stärkemehl (10,9%) und eine eigene Fettverbindung, die sogenannte Kakaobutter (53,1%) sind die vorzüglichsten der nebenbei vorhandenen Bestandtheile.

Geistige Gährung.

§. 84. Die Gährungserscheinungen, deren Hauptwirkungen wir in der Folge betrachten werden, können die Stärkemehlkörper ($C_{12} H_{10} O_{10}$) in Traubenzucker ($C_{12} H_{12} O_{12}$) und von da in Aethyloxydhydrat oder Weingeist ($C_4 H_6 O_2$) und Kohlensäure (CO_2) überführen [$C_{12} H_{12} O_{12} = 2 (C_4 H_6 O_2) + 4 (CO_2)$]. Die **weinigte Gährung**, die häufig für die Getränkebereitung ausgebeutet wird, erzeugt eine gewisse Menge von Alkohol aus verschiedenen stickstofflosen organischen Substanzen, vorzugsweise aus den Zuckerarten. Rohrzucker ($C_{12} H_{11} O_{11}$) und Milchzucker ($C_{12} H_{12} O_{12}$) verwandeln sich dann in Schleimzucker, ehe sie in Weingeist und Kohlensäure übergehen.

Essiggährung.

§. 85. Die Einwirkung des Sauerstoffes kann die Weingeistgährung in die **Essiggährung** überführen. Manche Körper, wie Platinschwarz oder in Selbstzersetzung begriffene organische Verbindungen, machen es erst möglich, dass der Sauerstoff der Atmosphäre den Alkohol verändert. Indem dieser ($C_4 H_6 O_2 = C_4 H_5 O \cdot HO$) 2 Aequivalente Wasserstoff, die Wasser bilden helfen, verliert, geht er zunächst in Acetylhydrat ($C_4 H_3 O \cdot HO$) und dann durch Aufnahme von zwei Aequivalenten Sauerstoff in Acetylsäure oder Essigsäure ($C_4 H_3 O_3 \cdot HO$) über ($C_4 H_5 O + HO + O_4 = C_4 H_3 O_3 \cdot HO + 2 HO$). Das Sauerwerden des Bieres und des Weines und die Essigbereitung fussen auf dieser Art von Umsetzungen.

Weingeistgehalt der Getränke.

§. 86. Die Menge des absoluten Weingeistes, von der die berauschende Wirkung vorzugsweise abhängt, schwankt zwischen 1,5 bis 10 Volumenprocenten in den verschiedenen Biersorten. Die Rheinweine führen

6,9 bis 12,65%, die weissen französischen Weine 12,3 bis 14,2%, die Rothweine 12,4 bis 23,0%, die Secte oder süssen Weine 9,9 bis 25,9% und der ächte Champagner 11,8 bis 13,3%. Die Branntweine enthalten 1/2 bis 3/4 und selbst noch mehr reinen Weingeist.

Bier.

§. 87. Die meisten Bierarten werden aus Gerste, einige dagegen aus Weizen oder einer Mischung von Weizen und Gerste bereitet. Die Umwandlung in Malz kommt dadurch zu Stande, dass man die in Wasser aufgeschwellten und hierauf getrockneten Körner bis zu einem gewissen Grade keimen lässt. Es entwickelt sich hierdurch eine in Zersetzung begriffene Verbindung, die Diastase, durch deren Einfluss sich die Stärke in Zucker auf dem Wege der Gährung umwandeln kann. Der nachfolgende Maischprocess lässt einen möglichst zuckerreichen Auszug, die sogenannte Würze, aus dem getrockneten, seiner Keimungswürzelchen beraubten und geschroteten Malze darstellen. Man behandelt dieses daher mit Wasser von 75° C., d. h. von demjenigen Wärmegrade, bei welchem die Umwandlung der Stärke in Zucker am ergiebigsten ausfällt. Die hiervon abgezogene Würze enthält vorzüglich Wasser, Zucker, Gummi, Kleber und Eiweiss. Das letztere gerinnt zum grossen Theile bei dem späteren, die Erzeugung von Schleimzucker begünstigenden Kochen mit Hopfen, dessen aromatische und bittere Bestandtheile aufgenommen werden. Die durchgeseihte und abgekühlte Flüssigkeit wird der Gährung durch Hefe bei niederer Wärme (7,5 bis 11° oder höchstens 20° C.) ausgesetzt. Ein Theil des Zuckers verwandelt sich dann in Weingeist und Kohlensäure, von der nur eine gewisse Menge gasförmig austritt. Die Oberhefe beschleunigt diesen Process in höherem Grade, als die Unterhefe. Beide sind nur die bei den entsprechenden Processen erhaltenen und mechanisch getrennten Gährungsmassen. Das Mikroskop weist in ihnen eine ausserordentliche Menge von kleinen Kryptogamen, den sogenannten Gährungspilzen (Taf. II. Fig. XIX) nach. Das Bier enthält daher vorzüglich Wasser (59 bis 91 Gewichtsprocente), Kohlensäure (0,1 bis 0,2%), Weingeist (1,3 bis 5%) und Malzextract (4 bis 39%).

Weinbereitung.

§. 88. Der Weingeist und die Kohlensäure des ausgepressten Traubensaftes erzeugen sich vorzugsweise aus dem in ihm enthaltenen und in Gährung versetzten Fruchtzucker oder der Glucose ($C_{12} H_{12} O_{12}$). Gallerte, Rindsblut oder Hühnereiweiss dienen später zur Abklärung der Mischung. Jene Körper verbinden sich mit dem Gerbestoff und einem Theil der Farbestoffe und ziehen andere mechanische Gemengtheile nach sich. Soll eine grössere Quantität von Kohlensäure, in dem Weine, z. B. in dem Champagner, enthalten sein, so versetzt man den noch mit Fermentstoffen versehenen Wein mit Zucker und lässt ihn in hermetisch geschlossenen Flaschen arbeiten. Der eigenthümliche Geruch, das Bouquet der Weine, rührt von einer besonderen Verbindung, dem Oenanthsäureäther ($C_4H_5O . C_{14} H_{13} O_2$), her. Es kommt in dem frischen Traubensafte nicht vor, kann aber mit Oenanthsäure ($C_{14} H_{13} O_2 . H O$) vermischt als Destillationsproduct grösserer Weinmengen erhalten werden.

Aepfelwein, Meth, Arrak, Rum.

§. 89. Der Cider besteht aus dem gereinigten Safte der Aepfel oder einer Mischung von Aepfel und Birnen, den man entweder nur bis zur theilweisen Weingeist- oder selbst bis zu dem Anfange der sauren Gährung

fortschreiten liess. Die weingeistigste Gährung des Honigs liefert den Meth, die des Reises den Arrak und die des Saftes des Zuckerrohres den Rum. Selbst die Stuten- und Kuhmilch wird von den nomadischen Völkern Asiens benutzt, um ein weingeistiges Getränk, Aracu, aus dem Umsatze des Milchzuckers darzustellen.

Essig.

§. 90. Alle geistigen Getränke oder Flüssigkeiten, welche in Weingeistgährung verfallen, können bei weiter fortschreitender Zersetzung Essig liefern. Die in Zersetzung begriffenen stickstoffhaltigen Körper, die sich auch häufig als sogenannte Essigmutter abscheiden, sowie andere Fermente, eine beträchtliche Wasserverdünnung der geistigen Flüssigkeit und die Möglichkeit eines reichlichen Luftzutrittes beschleunigen die Essigbildung in hohem Grade. Der gewöhnliche Essig ist eine verdünnte wässerige Lösung der Essigsäure ($C_4H_3O_3 . H.O$) in der zugleich viele andere Bestandtheile der Mutterflüssigkeit, wie Pflanzensäuren, Zucker, Gummi, Farbestoffe, Salze und oft auch Aldehyd ($C_4H_4O_2$) und Essigäther ($C_4H_5O . C_4H_3O_3$) enthalten sind. Die Menge der Essigsäure schwankt gewöhnlich zwischen 1 und 10%.

Hauptstoffe der Speisen.

§. 91. Die verbreitetsten festen Nahrungsmittel enthalten Körper, die nur wenigen Gruppen der organischen Chemie angehören. Die Kohlenhydrate und die Fette nehmen in dieser Hinsicht die erste Stelle unter den stickstofflosen und die Eiweisskörper unter den stickstoffhaltigen Verbindungen ein.

Kohlenhydrate.

§. 92. Der Name der Kohlenhydrate rührt davon her, dass viele, in mehrfacher Hinsicht zusammengehörende stickstofflose Verbindungen Wasserstoff und Sauerstoff in gleichen Aequivalenten, mithin in ähnlicher Weise, wie das Wasser enthalten. Ihre allgemeine Formel ist daher $C_m H_n O_n$ und die Elementaranalyse braucht nur O_{2m} eintreten zu lassen, damit Alles in Kohlensäure und Wasser ($C_m O_{2m} + H_n O_n$) übergeht. Die Cellulose nebst den verschiedenen Stärkemehlarten und deren Umwandlungskörper, wie Dextrin, Glucose, Traubenzucker, die anderen Zuckerarten und in gewisser Hinsicht Säuren, wie die Milchsäure oder die Essigsäure, gehören zu dieser Gruppe von Verbindungen. Hält man sich an die von den neueren Chemikern gewöhnlich angenommenen Aequivalentenausdrücke, die freilich von den in den Elementaranalysen gefundenen Werthen theilweise abweichen, so hat man:

Kohlenhydrat.	Aequivalentenausdruck.
Cellulose, Stärkemehl, Inulin, Lichenin, Dextrin u. Gummi	$C_{12}H_{10}O_{10} = A$
Rohrzucker	$C_{12}H_{11}O_{11} = A + HO = A + Aq.$
Fruchtzucker u. wasserfreier Muskelzucker oder Inosit. .	$C_{12}H_{12}O_{12} = A + H_2O_2 = A + 2\ Aq.$
Krümelzucker, Glucose und Traubenzucker.........	$C_{12}H_{14}O_{14} = A + H_4O_4 = A + 4\ Aq.$
Milchzucker oder Lactin . . .	$C_{24}H_{24}O_{24} = 2(A+H_2O_2) = 2(A+2\ Aq.)$
Milchsäure	$C_6H_5O_5 . HO = 1/_2 A + HO.$
Essigsäure	$C_4H_3O_3 . HO = 1/_3 (A + H_2O_2).$

§. 93. Der Unterschied, der die Stärkemehlarten, das Dextrin und das Gummi von den Zuckern trennt, würde hiernach nur in Differenzen von Wasseräquivalenten, die zu dem inneren Wesen der Verbindung gehörten, bestehen. Die Zuckergährung soll bloss diese Art von Veränderung erzeugen. Obgleich die elementaranalytische Formel des Rohrzuckers zwischen der der Stärke und des Traubenzuckers oder der Glucose steht, so ist es doch nicht gelungen, die Gährungserscheinungen so zu verändern, dass das Zwischenglied des Rohrzuckers statt des Traubenzuckers aufträte.

§. 94. Die Kohlenhydrate werden in den reichlichsten Mengen in unseren Körper eingeführt. Alle Pflanzenspeisen enthalten mehr oder minder beträchtliche Mengen von Stärkemehl, welche deren Nahrungsnutzen bestimmen helfen. Nimmt man die verschiedenen, zum Theil nach abweichenden Methoden angestellten und daher nicht ganz vergleichbaren älteren und neueren Analysen, so würden im Durchschnitt die Getreidesamen, wie Roggen, Weizen, Gerste und der Hafer, 61 bis 67 %, der Mais 77 % und der Reis sogar 84,5 % Stärkemehl liefern. Linsen, Erbsen und Bohnen gäben nur 36,4 bis 38,6 und die Kartoffeln 14,2 %, das trocknere isländische Moos dagegen 57,3 %. Der Wassergehalt der einzelnen rohen Nahrungsmittel kann natürlich die hier erhaltbaren Zahlen in hohem Grade bestimmen helfen.

Stärkemehl der Speisen.

§. 95. Da viele Entwickelungszustände der Gewächse, wie die Keimung, das Reifen der Früchte, von der Umwandlung der Stärke in Zucker begleitet werden, so finden sich auch nicht unbedeutende Mengen von Dextrin und Glucose, oder Fruchtzucker in unseren pflanzlichen Nahrungsmitteln. Die Getreidesamen und die Hülsenfrüchte können z. B. 0,9 bis 19,4 % Dextrin enthalten. Der Zucker der Bohnen, der Erbsen und der Linsen beträgt 0,2 bis 3,1 %, der der Mandeln 6,3 %, der Pfirsichen 16,5 %, der Kirschen 18,2 % und der Feigen 62,5 %. Die Pflanzen, aus denen Rohrzucker gewonnen wird, bieten sehr verschiedene Mengen desselben dar, das Zuckerrohr z. B. 18 % und die Runkelrübe nur

Zucker der Nahrungsmittel.

8,5 % bis 10,5 %. Der Mannit- oder der Schwammzucker ($C_6H_7O_6$), der zu den Zuckern, obgleich nicht zu den Kohlenhydraten gehört, nimmt bis 60 % der Manna ein. Bedeutend geringere Mengen desselben kommen auch in den Zwiebeln, dem Sellerie und den Schwämmen (2 % in *Helvella mitra*) vor.

Mehl und Brot. §. 96. Die Zusammensetzung des Mehls wechselt natürlich mit dem Ursprung und der Güte desselben. Ein französisches enthielt z. B. 10 % Wasser, 11 % Kleber, 71 % Stärke, 3,3 % Dextrin und 4,7 % Stärkezucker. Die Brotbereitung besteht darin, dass man zunächst das Mehl mit Wasser durchtränkt und das Dextrin, den Stärkezucker, einen Theil der Eiweisskörper und der Salze in ihm auflöst. Ein Zusatz von Bierhefe oder von gährendem Teige, dem Sauerteige, leitet eine weinigte Gährung ein, deren Kohlensäure in der Brotmasse zurückbleiben und dasselbe stellenweise auftreiben muss. Das Backen, bei welchem die Rinde durch die Einwirkung einer Temperatur von ungefähr 200° und das innere Weiche durch eine solche von nahebei 100° C. erzeugt wird, beschränkt die Gährung und entzieht dem Ganzen einen Theil des Wassers, so dass es einen innigeren Zusammenhang und eine bestimmtere Form bewahren kann. Das ungesäuerte Brot (Mazze, *Pain azym*) wird im Ganzen schwerer, als das gesäuerte verdaut. Spätere Gährungserscheinungen oder eine zu lange Einwirkung der ursprünglich angewandten Gährungsstoffe lassen natürlich die Brotmassen sauer werden.

Fruchtmark. §. 97. Ein eigenthümlicher, von Frémy angenommener und in Wasser unlöslicher Stoff, die Pectose oder das Fruchtmark, das aber noch nicht getrennt dargestellt worden, soll an den Zellenwänden unreifer Früchte und vieler Wurzeln abgelagert sein. Die Wärme oder Säuren verwandeln es in Pectin, das selbst wieder in eine andere, die gleiche Aequivalentenformel darbietende Substanz, das Parapectin [$8(C_8H_5O_7) + 8HO$] übergeht. Die Kochung mit sehr verdünnten Säuren führt endlich zu einer dritten Verbindung von derselben elementaranalytischen Zusammensetzung, dem Metapectin.

Fruchthefe. §. 98. Eine andere Substanz, die neben der Pectose vorkommt, die sogenannte Pectase oder die Fruchthefe, kann gleich der Diastase (§. 87), der Hefe (§. 85) oder anderen Fermenten auf das Pectin wirken und dasselbe in eine in kaltem Wasser unlösliche Gallerte auf dem Wege der sogenannten Pectingährung verwandeln. Geht die Zersetzung weiter fort, so entsteht zuerst Pectosinsäure und später Pectinsäure. Anhaltendes Kochen kann die Pectinsäure in Parapectinsäure verwandeln und die Selbstzersetzung einer Pectinlösung Metapectinsäure erzeugen.

§. 99. Vergleicht man die verschiedenen elementaranalytischen Formeln dieser Körper unter einander, so stösst man hauptsächlich auf Abweichungen der dem Wasser analogen Aequivalentbeziehungen. Sie erinnern daher an die Unterschiede, die wir für die Stärkemehl- und Zuckerarten kennen gelernt haben (§. 92). Man findet nämlich:

Pflanzlicher Gallertkörper.	Aequivalentenausdruck.
Pectin, Parapectin und Metapectin	$8(C_8H_5O_7) + 8(HO)$
Pectosinsäure	$4(C_8H_5O_7) + 3(HO)$
Pectinsäure	$4(C_8H_5O_7) + 2(HO)$
Parapectinsäure	$3(C_8H_5O_7) + 2(HO)$
Metapectinsäure	$C_8H_5O_7 + 2(HO)$

§. 100. Die Pectinreihe liefert die vorzüglichsten Gallertbildner des Pflanzenreichs. Unsere gekochten und eingemachten Früchte enthalten einzelne Glieder derselben. Die Pflanzengelees führen meistentheils Pectosin-, seltener Pectinsäure, die aus Pectin unterm Einfluss der Fruchthefe hervorgegangen. Da diese ihre Wirksamkeit bei 100° C. verliert, so taucht man auch häufig Früchte, die man einmachen will, in kochendes Wasser, um jener Umsetzung vorzubeugen.

Pflanzengallerte der Speisen.

§. 101. Die mannigfachsten Fettverbindungen, von denen die meisten nur geringe Sauerstoffmengen führen, bilden einen wesentlichen Bestandtheil der pflanzlichen und der thierischen Nahrungsmittel. Sie und der Zucker sind die hauptsächlichsten Repräsentanten der stickstofflosen Verbindungen, die in dem Fleische und den anderen zu den Speisen verwandten Theilen der höheren Thiere vorkommen.

Fette

§. 102. Die meisten Pflanzenorgane, vorzüglich aber die Samen, führen mehr oder minder beträchtliche Fettmengen. Die Kartoffeln enthalten z. B. 0,16 %, die Bohnen 0,70 %, der Reis 0,75 %, der Weizen 1,42 %, der Roggen 1,75 %, der Hafer 2,0 %, der Mais 3,62 %, die Kaffeebohnen 10 bis 13 %, die Hanfsamen 19,1 %, die bitteren Mandeln 28 %, die süssen 54 % und die geschälten Kakaobohnen 53,1 %. Die aus Vegetabilien gewonnenen, bei gewöhnlicher Temperatur flüssigeren Fettmassen oder Oele ziehen den Sauerstoff der Luft in verschiedenem Grade an. Die trocknenden Oele, wie Leinöl, Hanföl, Mohnöl und Ricinusöl, werden dabei allmälig fester. Ihre Brauchbarkeit für Malerei und für physikalische und chemische Apparate, z. B. zur Kittbereitung, hängt mit dieser Eigenschaft zusammen. Andere dagegen, wie Oliven-, Mandel- oder Rapsöl und viele aus der Thierwelt stammende Fettkörper, nehmen den Sauerstoff der Luft langsamer und oft nur, wenn sie mit anderen Verbindungen verunreinigt sind, auf. Sie gehen dabei in Fettsäuren, die sich mit Basen verbinden können, über. Ihr Ranzigwerden beruht auf dieser Umwandlung.

Fettkörper der Pflanzenspeisen.

§. 103. Die Chemiker betrachten die neutralen thierischen Fette und viele hierher gehörende Körper des Pflanzenreichs als gepaarte Verbindungen (§. 47) und zwar meistentheils von Lipyl- oder Glyceryloxyd ($C_6H_7O_5$) mit verschiedenen Fettsäuren. Das Glycerin oder Oelsüss, welches man aus den meisten thierischen Fetten durch Alkalien abscheidet, bildet nach dieser noch nicht sicher begründeten Auffassungsweise Glyceryloxydhydrat ($C_6H_7O_5 \cdot HO$). Es vereinigt sich gewöhnlich mit Oelsäure ($C_{36}H_{33}O_3$), Margarinsäure (die aber, nach Heintz, nur ein Gemenge

Neutrale Thierfette.

von Stearin- und Palmitinsäure bildet), oder Stearinsäure, welche beiden den gleichen elementaranalytischen Ausdruck haben ($C_{36}H_{35}O_3$) oder sich nur durch 1 Aequivalent Sauerstoff unterscheiden sollen. Olein oder Elain, Margarin und Stearin sind die entsprechenden Fettsalze.

§. 104. Die Mengen dieser einzelnen Körper wechseln in den verschiedenen Fettmassen in hohem Grade. Manche von ihnen enthalten noch andere Verbindungen, die Butter z. B. eine solche des Glyceryloxydhydrats mit Buttersäure ($C_8H_7O_3$) oder Butyrin, mit Caprinsäure ($C_{20}H_{19}O_3$) oder Caprin und mit Capronsäure ($C_{12}H_{11}O_3$) oder Capron. Das Spermaceti führt statt des Glycerins Aethal oder Cetyloxydhydrat ($C_{32}H_{33}O \cdot HO$), das mit Aethalsäure oder Cetylsäure ($C_{32}H_{31}O_3$) verbunden ist.

Seife, Schmalz und Talg.

§. 105. Der Verseifungsprocess, der nicht bloss durch die Einwirkung von Alkalien, sondern auch durch höhere Wärmegrade oder starke Säuren künstlich erzeugt werden kann, führt zur Bildung der verschiedenen Fettsäuren. Wenn Kali, Natron, andere Alkalien, Erden oder starke Metalloxydbasen auf die thierischen Fette wirken, so verbinden sie sich mit den Fettsäuren zu Salzen, die wir mit dem Namen der Seifen belegen. Das Glycerin dagegen löst sich in der alkalischen Flüssigkeit auf. Es wird dabei eine gewisse Menge von Wasser in der Seife gebunden. Unsere weichen Seifen sind auf diese Art Kali- und die harten Natronseifen. Die grüne Schmierseife besteht z. B. aus 44 % fetten Säuren, 9½ % Kali und 46½ % Wasser, die gewöhnlichen Seifen dagegen aus 50 bis 64 % Oelsäure, der Talgsäure beigemischt ist, 4½ bis 10 % Natron und 21 bis 45 % Wasser. Wie die ölsauren Glycerinverbindungen die weicheren Fettarten des Schmalzes und die margarin- und stearinsauren die härteren der Talge bedingen, so hängt auch die Consistenz der Seifen von den relativen Mengen dieser ihrer Bestandtheile ab.

Cholesterin.

§. 106. Das in vielen thierischen Geweben enthaltene Gallenfett oder Cholesterin ($C_{25}H_{24}O + HO$) lässt sich mit Alkalien nicht zersetzen. Es eignet sich daher nicht zur Seifenbildung und weicht überhaupt von den Fettkörpern wesentlich ab.

Fettsäuren.

§. 107. Eine Reihe organischer Säuren, die man die Gruppe der fetten Säuren, vorzüglich in früheren Zeiten, genannt hat, ist nach dem Schema $C_{2n}H_{2n-1}O_3 \cdot HO$ zusammengesetzt. Gewisse übereinstimmende Eigenschaften verrathen eine innigere Verwandtschaft, als jene blosse Formelanalogie. Die für die Verdauungslehre wichtigsten Verbindungen der Art sind:

Säuren.	Vorkommen oder Product.	Aequivalentenwerth.
Ameisen- oder Formylsäure.	Ameisen, Fleisch, Blut (?), Zersetzungsproduct von Stärkezucker, Weinsäure.	$C_2HO_3 . HO.$
Essigsäure oder Acetylsäure.	Fleischflüssigkeit, Milch, Gährungsproduct, Nebenerzeugniss der Destillation organischer Körper.	$C_4H_3O_3 . HO = (C_2H_2) C_2HO_3 . HO.$
Metaceton-, Propion- oder Butteressigsäure.	Schweiss. Zersetzungsproduct der Kohlenhydrate, Fäulniss der Erbsen und Bohnen.	$C_6H_5O_3 . HO = 2(C_2H_2)C_2HO_3 . HO.$
Buttersäure.	Mageninhalt. Harn u. Schweiss. Product der Fette des Blutes und der Milch, Zersetzung von Eiweiss, Leim, Faserstoff, Stärkemehl, Zucker, Milchsäure u. s. w.	$C_8H_7O_3 . HO = 3(C_2H_2)C_2HO_3 . HO.$
Baldriansäure.	Baldrian. Käse. Zersetzungsproduct des Fuselöls, der Fette, der Eiweisskörper, des Leucins.	$C_{10}H_9O_3 . HO = 4(C_2H_2)C_2HO_3 . HO.$
Capronsäure.	Schweiss? Zersetzung der Butter, der Fette, der Eiweisskörper.	$C_{12}H_{11}O . HO = 5(C_2H_2)C_2HO_3 . HO.$
Caprylsäure.	Desgl.	$C_{16}H_{15}O_3 . HO = 7(C_2H_2)C_2HO_3 . HO.$
Caprinsäure.	Desgl.	$C_{20}H_{19}O_3 . HO = 9(C_2H_2)C_2HO_3 . HO.$
Palmitin-, Cetin-, Cetyl- oder Aethalsäure.	Palmöl, Kaffeebohnen, Menschenfett, Wallrath.	$C_{32}H_{31}O_3 . HO = 15(C_2H_2)C_2HO_3 . HO.$
Margarinsäure und Stearinsäure (§. 108).	Die meisten thierischen Fette und die Margarinsäure noch in vielen Pflanzenfetten.	$C_{34}H_{33}O_3 . HO = 16(C_2H_2)C_2HO_3 . HO.$
Stearophansäure.	Menschenfett (?).	$C_{36}H_{35}O_3 . HO = 17(C_2H_2)C_2HO_3 . HO.$
Cerotinsäure.	Bienenwachs.	$C_{54}H_{53}O_3 . HO = 26(C_2H_2)C_2HO_3 . HO$

§. 108. Die Myristinsäure ($C_{28}H_{27}O_3$. HO), welche aus dem Myristin oder Muskatnussfett ($C_{29}H_{29}O_4$), die Laurostearin- oder Pichurimtalgsäure ($C_{24}H_{23}O_3$. HO), welche aus dem Laurostearin ($C_{27}H_{27}O_4$) der Lorbeeren, die Cocinsäure ($C_{26}H_{25}O_3$. HO), die aus dem Cocin ($C_{29}H_{25}O_4$) der Kokosnüsse gewonnen wird, gehören im Wesentlichen ebenfalls hierher. Man stellt dagegen die Oelsäure ($C_{36}H_{33}O_3$. HO), die übrigens in den verschiedenen Pflanzenölen wesentlich abzuweichen scheint, zu einer anderen Säurengruppe, die nach dem Schema $C_{2n}H_{2n-3}O_3$. HO zusammengesetzt ist und zu der auch die Döglingsäure ($C_{38}H_{35}O_3$. HO) des Wallfischthranes gerechnet wird.

Fruchtsäuren und Gerbsäuren.

§. 109. Die Nahrungsmittel führen noch eine grosse Menge anderer stickstoffloser Säuren in den Körper ein. Die Kleesäure (C_2O_3 . HO) des Sauerampfers, der Rhabarberwurzel, der Flechten und vieler anderen Gewächse, die sich auch durch die Behandlung von Stärke oder Zucker mit verdünnter Salpetersäure künstlich erzeugen lässt, die Weinsteinsäure oder Weinsäure ($C_8H_4O_{10}$. 2 HO) der Weintrauben, der Feigen, der Maulbeeren, der Ananas, welche mit Kali den gewöhnlichen (KO + HO)($C_8H_4O_{10}$) und den neutralen oder zweibasischen Weinstein (2 KO . $C_8H_4O_{10}$ + 2 HO) bildet, die Aepfelsäure ($C_8H_4O_8$. 2 HO) der Birnen, Aepfel, Pfirsichen, Apricosen, der Vogelbeeren und vieler anderen Beeren, der Kartoffeln, der Mohrrüben, des Spargels, die Citronensäure ($C_{12}H_5O_{11}$. 3 HO + 2 HO) der Citronen, der sauren Kirschen, der Johannisbeeren und vieler anderen Pflanzentheile gehören zu den verbreitetsten **Fruchtsäuren**, die der Mensch geniesst. Die in verhältnissmässig grösseren Mengen vorkommende Gerbsäure ($C_9H_3O_5$. HO) der mannigfachsten Rinden, Früchte und Samen, der Schalen der Weinbeeren und vieler anderen Pflanzengebilde, die aus ihr darstellbare und oft neben ihr vorhandene Gallussäure ($C_7H_2O_5$. HO), die Kaffeegerbsäure ($C_{14}H_8O_7$) der Kaffeebohnen und des Paraguaythees, die Boheasäure ($C_7H_3O_4$. 2 HO) der Theeblätter sind andere ternäre Säuren, die wir häufig genug verzehren. Die Spargelsäure ($C_8H_7N_2O_5$) des Spargels, der Kartoffeln, der Runkelrüben und der Eibischwurzel dagegen gehört zu stickstoffhaltigen Körpern.

Arzneisäuren.

§. 110. Manche Arzneien liefern noch eigene stickstofflose saure Verbindungen, das Opium z. B. die Meconsäure ($C_{14}HO_{11}$. 3 HO), die China die Chinasäure ($C_{14}H_{10}O_{10}$. 2 HO), die Eichenrinde die Eichengerbsäure ($C_{18}H_8O_{12}$) und das Catechu die Catechugerbsäure ($C_{18}H_8O_8$).

Einzelne Gährungssäuren.

§. 111. Einzelne ternäre Säuren gewinnen dadurch ein physiologisches Interesse, dass sie nicht bloss in Erzeugnissen von Gewächsen vorkommen, sondern auch aus eigenthümlichen Umwandlungen organischer Stoffe, die wir oft in den Speisen geniessen, entstehen können. Die Bernsteinsäure ($C_8H_4O_6$. 2 HO) z. B., die man zunächst aus dem Bernstein gewinnt, wird auch durch die stark oxydirende Einwirkung von Salpetersäure auf Fettsäuren, die langsame Gährung des äpfelsauren Kalkes oder des Asparagins und vielleicht auch des Traubenzuckers gebildet. Die Korksäure ($C_{16}H_{12}O_6$. 2 HO) erzeugt sich durch die Wechselwirkung von Salpetersäure mit Kork oder Fetten. Die Benzoësäure ($C_{14}H_5O_3$. HO), die sich in der Benzoë und in anderen Harzen findet und durch die Oxydation von Bittermandelöl ($C_{14}H_6O_2$) entstehen kann, wird auch aus der stickstoff-

haltigen Hippursäure ($C_{18}H_8NO_5 . HO$) z. B. durch die Einwirkung von Salzsäure oder in Folge der Gährung erhalten. Sie und die Zimmtsäure ($C_{18}H_7O_3 . HO$) können umgekehrt unter Bedingungen, die im lebenden Menschen gegeben sind, zur Erzeugung von Hippursäure beitragen.

Andere stickstofflose Verbindungen

§. 112. Man kann noch eine grosse Reihe anderer stickstoffloser Verbindungen, Oele, indifferente Körper und Farbestoffe, von denen sich manche vorzugsweise durch ihre Zersetzungsproducte auszeichnen, aus unseren gewöhnlichen Nahrungsstoffen und den gangbaren Arzneien darstellen. Das Bittermandelöl oder der Benzoylwasserstoff ($C_{14}H_6O_2$), der Sauerstoff aus der Luft anzieht und in Benzoësäure ($C_{14}H_5O_3 . HO$) übergeht, findet sich in den bitteren Mandeln. Es wird aber auch durch die Einwirkung stark oxydirender Körper auf Eiweissverbindungen erzeugt. Der Bitterstoff der Rinde und der Blätter der Weiden, das Salicin ($C_{26}H_{18}O_{14}$), zerlegt sich bei dem Kochen mit verdünnten Säuren in Fruchtzucker ($C_{12}H_{12}O_{12}$) und Saliretin ($C_{14}H_6O_2$) und unter der Einwirkung eines in den süssen und den bitteren Mandeln vorhandenen Gährungsstoffes, des Emulsin oder der Synaptase, in Glucose und Saligenin ($C_{14}H_8O_4$). Das in den Rinden der Kirsch-, der Aepfel-, der Birn- und der Pflaumenbäume vorkommende Phloridzin ($C_{42}H_{24}O_2 . 4HO$) geht durch Salzsäure in Zucker und Phloretin ($C_{30}H_{14}O_{10}$) über. Andere bemerkenswerthere stickstofflose Körper der gebräuchlichen Arzneien sind der Camphor (der gewöhnliche oder japanische = $C_{20}H_{16}O_2$ und der von Borneo $C_{20}H_{18}O_2$), das Glycyrhizin ($C_{36}H_{22}O_{12} . 2HO$) des Süssholzes, das Coumarin ($C_{18}H_6O_4$) der Tonkabohne und des zur Bereitung des Maitrankes dienenden Waldmeisters, das Pikrotoxin ($C_{12}H_7O_5$) der Kokkelskörner und der wirksame Stoff der spanischen Fliegen oder das Kantharidin ($C_{10}H_6O_4$).

Eiweisskörper.

§. 113. Die Chemie ist bis jetzt nicht im Stande, die Zusammensetzung der wichtigsten stickstoffhaltigen Verbindungen der Pflanzen- und der Thierwelt, der sogenannten Eiweisskörper, mit Sicherheit anzugeben. Die gerechten Bedenken, die man gegen viele Formeln und Auffassungen der ternären organischen Körper erheben kann, erhalten eine grössere Bedeutung, so wie man zu jenen quaternären Verbindungen fortschreitet. Die mangelnde Kenntniss der Sättigungscapacität oder anderer Garantieen macht es unmöglich, einen Aequivalentenwerth mit Gewissheit anzunehmen. Die Stoffe, die elementaranalytisch untersucht wurden, waren sogar mit fremdartigen Massen in vielen Fällen vermischt. Unterschiede, die auf blossen Reactionsdifferenzen beruhen, rühren häufig nur von fremden Beimengungen oder verschiedenen Zuständen der gleichen Masse her.

Protein.

§. 114. Der Name der Proteinkörper, den man für die Eiweisssubstanzen häufig gebraucht, rührt von einer früheren Theorie her. Mulder nahm eine gemeinschaftliche organische Grundlage, das Protein, für alle hier in Betracht kommenden Hauptsubstanzen an. Die Aequivalente von Schwefel und bisweilen auch von Phosphor, die mit ihnen unmittelbar verbunden sind, sollten, mit oder ohne eine weitere Oxydation, die Eigenthümlichkeit eines jeden einzelnen Körpers begründen. Spätere Erfahrungen lehrten aber, dass sich ein solcher schwefelfreier Grundstoff nicht darstellen lässt, dass man nicht bestimmen kann, wie viel Schwefel oder Phosphor mit der organischen Masse verbunden ist, ja dass es sogar zweifelhaft

bleibt, ob der Phosphor in dieser Art von Vereinigung auftritt. Die nachträglichen Versuche, die Proteintheorie zu retten und die Eiweisskörper als Verbindungen von Protein mit Schwefel- und Phosphoramiden (NH_2S und NH_2P) zu betrachten, blieben ebenfalls fruchtlos.

Eiweisskörper der Pflanzen u. der Thiere.

§. 115. Eine andere hierher gehörende Auffassungsweise entspricht wahrscheinlich auch nicht der Natur der Verhältnisse. Eine zu weit geführte Analogie leitete zu der Annahme, dass Eiweiss, Faserstoff und Käsestoff in den Gewächsen sowohl, als in den Thieren vorkommen. Die Zusammensetzung dieser drei Körper sollte, nach Liebig, in beiden organischen Reichen übereinstimmen. Die bedeutenden Fehlerquellen, welche die Darstellung jener Substanzen und die gebräuchliche elementaranalytische Untersuchung einschliessen, und die Abweichungen in den erhaltenen Procentwerthen lassen gerechte Bedenken gegen die Möglichkeit, jenen Satz mit Sicherheit auszusprechen, aufkommen. Die physiologischen Erscheinungen und vorzugsweise die Verdauungsverhältnisse deuten sogar ziemlich nachdrücklich an, dass beträchtliche Unterschiede vorhanden sind. Der Faserstoff und der Käsestoff der Pflanzen sind auch nur nach theoretischen Ansichten angenommen worden.

Arten des Pflanzeneiweisses.

§. 116. Man kennt bis jetzt vier Hauptarten der pflanzlichen Eiweisskörper, das lösliche Eiweiss und das Legumin, die vom Wasser aufgenommen werden, und das ungelöste Eiweiss und den Pflanzenleim oder die Phytocolla, bei denen dieses nicht der Fall ist. Der Kleber, den man durch das Kneten des Mehls mit Wasser und das Auswaschen des Ganzen erhält, ist ein Gemisch von ungelöstem Pflanzeneiweiss und Pflanzenleim, dem noch Stärkemehlkörner, Cellulose und Fette beigemengt sind. Er beträgt 12,3 % im Weizen und 9,5 % im Roggen, während die Gerste, der Mais und der Reis nur 2,5 bis 3,6 % enthalten. Das lösliche Pflanzeneiweiss gleicht 1 % in den Kartoffeln und 1,7 % in dem Weizen und den Erbsen, das Legumin dagegen 16,5 % in den letzteren, 19,6 % in den Bohnen und 37,3 % in den Linsen.

Thierische Eiweisskörper.

§. 117. Das Eiweiss oder das Albumin, der Faserstoff oder das Fibrin und der Käsestoff oder das Casein der Thiere, die ebenfalls in flüssigem oder geronnenem Zustande auftreten können, führen eine gewisse Menge von Asche neben ihren feuerflüchtigen quaternären Bestandtheilen. Hält man sich an die wahrscheinlichsten procentigen Werthe der letzteren, so hat man:

Eiweisskörper.	Procentige Zusammensetzung:			
	Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Sauerstoff.	Stickstoff.
Eiweiss	53,48	7,17	15,73	23,62
Faserstoff	52,68	6,99	16,60	23,73
Käsestoff	54,21	7,15	15,80	22,84

Man müsste noch die Quantitäten des Schwefels, des etwa vorhandenen Phosphors und der Aschenbestandtheile hinzufügen, und die Art und Weise, wie diese Körper mit den quaternären Verbindungen vereinigt sind, angeben, um einen genügenden Begriff von der Natur jener Stoffe festzustellen. Die Werthe, welche die einzelnen Elementaranalysen gegeben haben, schwanken übrigens in so hohem Grade, dass der Verdacht, es seien unreine Körper der Verbrennung unterworfen worden, in mehr als einem Falle gerechtfertigt erscheint. Die Annahme anderer Eiweisssubstanzen, wie der Oxyde des Protein, des Globulin oder Krystallin der Blutkörperchen, des Vitellin des Eidotters, ruht auf noch unsichereren Grundlagen, als die Unterscheidungen der eben erwähnten drei Eiweisskörper.

Blut und Fleisch.

§. 118. Alle thierischen Nahrungsmittel enthalten Eiweiss, Faserstoff oder Käsestoff und nicht selten Mischungen dieser und anderer Verbindungen, die ihnen, wenigstens nach den bisherigen ungenügenden Elementaranalysen, nahe stehen. Das Blut führt z. B. beträchtliche Mengen von Eiweiss, geringere von Faserstoff und noch weniger Käsestoff. Die Fleischmassen, die aus quergestreiften oder einfachen Fasern (Taf. IV. Fig. LIII. u. Fig. LIX.) bestehen, liefern nicht nur Eiweiss, sondern auch einen durch verdünnte Salzsäure ausziehbaren Körper, das Syntonin, das noch nicht rein dargestellt worden, im Ganzen aber ähnliche Procentwerthe, wie die oben erwähnten Eiweisskörper, darbieten wird. Die möglichst gereinigte Syntoninmasse des Rindfleisches gab z. B., nach Strecker, 54,56 % Kohlenstoff, 7,27 % Wasserstoff, 15,84 % Stickstoff und 22,23 % Sauerstoff, und die der einfachen Muskelfasern des Schweines 53,84 % Kohlenstoff, 7,30 % Wasserstoff, 15,81 % Stickstoff und 23,05 % Sauerstoff in Lehmann's Untersuchungen. Die Thatsache, dass ganz verschiedenartige Gewebtheile nicht grössere Abweichungen, als zwei Analysen des angeblich gleichen Körpers zu liefern pflegen, deutet schon hinreichend an, dass die gegenwärtigen chemischen Angaben keinen sicheren Grund für weitere Schlüsse liefern können.

Leim.

§. 119. Viele gekochte Speisen führen eine eigene Reihe von Verbindungen, die man unter dem Namen der Leimarten zusammenfasst. Man kann diejenigen Gewebe, welche bei der Behandlung mit siedendem Wasser Leim liefern, in drei Hauptgruppen trennen. Die eine enthält die Gebilde, welche aus einer gallertigen, sich leicht faltenden Masse bestehen, mithin das Zell- oder Bindegewebe, die Sehnen und die aus ähnlichen Elementen zusammengesetzten Organtheile; die zweite die Horngewebe, wie die Oberhaut, die Nägel, die Haare, die hierher gehörenden Hörner, Schuppen, Federn u. s. w., die dritte endlich die Knorpelmassen. Die bleibenden und die noch nicht verknöcherten Knorpel und manche krankhaft veränderte Knochen geben eine eigenthümliche Leimart, den Knorpelleim oder das Chondrin, das 50,75 % Kohlenstoff, 6,90 % Wasserstoff, 14,69 % Stickstoff und 27,65 % Sauerstoff, nach Scherer, enthält, die übrigen genannten Gewebe dagegen gewöhnlichen Leim, Knochen- oder Tischlerleim, Glutin im engeren Sinne, das 50,76% Kohlenstoff, 7,15% Wasserstoff, 18,32% Stickstoff und 23,77 % Sauerstoff nach jenem Chemiker führt. Man hat früher vorzugsweise die Rindsknochen gebraucht, um grössere zur Ernährung des Menschen bestimmte Gallertmassen zu gewinnen (§. 81). Sie

wurden entweder im Papinianischen Topfe bei 106 bis 108° C. mit Wasser behandelt oder mit diesem und verdünnter Salzsäure ausgezogen, ehe man zum Kochen schritt. Man kann übrigens eine eben so gute Gallerte auf diese Weise, als aus der Hausenblase darstellen.

Andere Stickstoffverbindungen der Speisen.

§. 120. Da fast alle Thiergewebe für den Speisebedarf verwendet werden, so muss auch die Verdauungslehre auf jede Verbindung, welche die Chemie als Bestandtheil derselben angezeigt hat, Rücksicht nehmen. Wir begegnen in dieser Hinsicht zunächst einer Reihe von indifferenten Körpern, die man häufig noch als eiweissartige bezeichnet, obgleich die meisten von ihnen weder rein dargestellt worden, noch eine bindende Analogie mit dem Eiweisse darbieten. Hierher gehören z. B. der Blutfarbestoff oder das Hämatin (C = 65,35 %, H = 5,45 %, N = 10,40 %, O = 11,88 % und Fe = 6,93 %), das Melanin (C = 58,08 %, H = 5,92 %, N = 13,77 % und O = 22,23 %) des schwarzen Pigmentes, der Schleimstoff oder das Mucin (C = 52,10 %, H = 6,97 %, N = 12,82 % und O = 28,11 %) der schleimigen Mischungen, die elastische Substanz (C = 55,75 %, H = 7,41 %, N = 17,74 % und O = 19,10 %) des Nackenbandes. Die wechselnden Gemenge, welche diese Körper bilden, machen es unmöglich, dass man die angeführten Zahlen selbst nur als Annäherungswerthe betrachten darf. Dieses gilt nicht von krystallisirten Körpern, wie dem Scherer'schen Lienin der Milch (C = 53,71 %, H = 8,95 %, N = 4,82 % und O = 32,52 %).

Stickstoffhaltige Säuren.

§. 121. Man hat eine grosse Reihe von stickstoffhaltigen Säuren aus verschiedenen thierischen Gebilden dargestellt, so die Inosinsäure ($C_{10}H_6N_2O_{10}$. HO) aus der Fleichflüssigkeit, die Gallensäure, die Chol- oder Glycocholsäure ($C_{52}H_{42}NO_{11}$. HO) und die Cholein- oder die Taurocholsäure ($C_{52}H_{45}NO_{14}S_2$), die mit Natron seifenartig verbunden (§. 105) in der Galle vorkommen. Eine stickstoffhaltige Fettsäure, die Cerebrinsäure (C = 66,7 %, H = 10,6 %, N = 2,3 %, O = 19,5 % und P = 0,9 %), die aber wahrscheinlich nur eine Mengung eines Eiweisskörpers mit einer Fettsäure bildet, soll in der Gehirnmasse enthalten sein. Säuren, wie die Harnsäure ($C_{10}H_2N_4O_4$. 2 HO), die Hippursäure ($C_{18}H_8NO_5$. HO), werden zwar hin und wieder mit den Speisen eingeführt. Da sie aber zu den Ausscheidungsstoffen des Thieres gehören, so können sie nicht als wahre Nahrungssubstanzen angesehen werden.

Stickstoffhaltige Basen.

§. 122. Dasselbe gilt von dem basischen Gegenstück der letzteren, dem Harnstoff ($C_2H_4N_2O_2$) und dem in den verschiedensten Fleischsorten in geringen Mengen (0,07 bis 0,14 %) vorkommenden Kreatin ($C_8H_9N_3O_4$ + 2 HO), aus dem sich das Kreatinin ($C_8H_7N_3O_2$) durch starke Säuren und das Narkosin ($C_6H_7NO_4$) durch Aetzbaryt gewinnen lässt. Einige andere Alkaloide oder ihnen ähnliche Verbindungen, die sich durch die künstliche Veränderung oder die Selbstzersetzung von Bestandtheilen der Nahrungsmittel bilden, kommen vielleicht hin und wieder in einzelnen Speisen vor. Hierher gehören z. B. das nur schwach basische Leucin ($C_{12}H_{13}NO_4$), das, bei der Fäulniss von Kleber erzeugt, mit dem sogenannten Käseoxyd übereinstimmen soll, das Tyrosin ($C_{18}H_{11}NO_6$), welches mit dem vorigen durch die Einwirkung von Säuren oder Alkalien auf Eiweisskörper hervorgebracht wird, der Leimzucker, Glycocoll oder Glycin

($C_4H_5NO_4$), das, in ähnlicher Weise aus Leim erzeugt, als Paarling der Cholsäure und der Hippursäure (§. 121) angesehen wird, und das schwefelreiche Taurin (C = 19,20 %, H = 5,60 %, N = 11,20 %, O = 38,40 %, S = 25,60 % und wahrscheinlich $C_4H_7NO_6S_2$), das ein Paarling der Choleinsäure sein soll und in der zersetzten Galle oder der Lebermasse vorkommen kann.

§. 123. Eine grosse Reihe von stickstoffhaltigen Pflanzenalkaloiden ist aus den verschiedensten als Arzneien gebrauchten Substanzen dargestellt worden. Manche von ihnen concentriren gleichsam die giftigen Eigenschaften jener Heilmittel, während sich andere indifferenter verhalten. Die für den Organismus nachtheilige Wirkung steht aber keineswegs in irgend einem bestimmten Verhältnisse zu dem Stickstoffgehalte. Man kann auf diese Weise, wie schon erwähnt (§. 82), Caffein oder Thein ($C_8H_5N_2O_2$) aus den Kaffeebohnen oder den Theeblättern, Chinin ($C_{20}H_{12}NO_2$) und das mit ihm angeblich isomere Chinoidin, Cinchonin ($C_{20}H_{12}NO$) und Cinchonetin ($C_{46}H_{27}N_2O_3$) aus den verschiedenen Sorten der Chinarinden, das Morphin ($C_{34}H_{19}NO_6$), das Narcotin ($C_{46}H_{25}NO_{14}$), das Codein ($C_{36}H_{21}NO_6$) und die nicht giftigen Verbindungen des Narcein, Thebain, Pseudomorphin und Porphyroxin aus dem Opium, das Strychnin ($C_{42}H_{22}N_2O_4$) und das Brucin ($C_{46}H_{26}N_2O_8$) aus der Brechnuss und den Strychnosarten überhaupt, und die flüchtigen Alkaloide, das Nicotin ($C_{10}H_7N$) aus dem Tabak und das Coniin ($C_{16}H_{15}N$) aus dem Schierling bereiten. Das aus dem Pfeffer darstellbare Piperin ($C_{34}H_{18}NO_6$) dagegen, das nach Einigen mit dem Morphin isomer sein soll, scheint eher zu den indifferenten Körpern, als zu den Alkalien zu gehören.

Stickstoffhaltige Pflanzenalkaloide.

§. 124. Die bisher erwähnten organischen Substanzen bilden unzweifelhaft nur einen kleinen Theil der Verbindungen, welche in den verschiedenen Nahrungsmitteln und Arzneien vorkommen oder aus ihnen erzeugt werden können. Lassen wir auch die Gebiete, welche die Chemie in dieser Hinsicht noch nicht berührt hat, unbeachtet, so begegnet man vielen Körpern, wie fetten Mischungen, Harzen, Farbestoffen, deren Beschaffenheit noch nicht ermittelt worden. Hierher gehören z. B. das sogenannte Senföl ($C_8H_5NS_2$), das die grüne Farbe der Pflanzentheile bedingende Blattgrün oder Chlorophyll ($C_{18}H_9NO_8$) und die meisten wachs- oder harzähnlichen Substanzen überhaupt. Das Chitin (C = 46,7 %, H = 6,6 %, N = 6,5 % und O = 40,2 %), wie es aus den Flügeldecken der Käfer erhalten wurde, das ausserdem noch in vielen Glashäuten vorkommt und sich durch seinen Widerstand gegen Wasser, verdünnte Säuren und Alkalien auszeichnet, und der Schleimstoff (C = 52,1 %, H = 7,0 %, N = 12,5 % und O = 28,4 %) bilden keine vollkommen reine Substanzen von beständiger Zusammensetzung. Die sogenannten Extractivstoffe sind in der Regel Reste oder Gemenge der verschiedenartigsten Körper, mit denen man sonst nichts anzufangen weiss.

Harze, Chitin, Schleim, Extractivstoffe.

§. 125. Die meisten der von der Natur dargebotenen unmittelbaren Nahrungssubstanzen führen noch andere Grundstoffe, als die, über welche die Elementaranalyse (§. 49) Rechenschaft giebt. Die Art und Weise, wie sie unter einander vereinigt sind, lässt sich in der Regel nicht unmittelbar erkennen. Die gegenseitigen Verbindungen zu gewissen Salzen, wie sie in

Nebenverbindungen d. Speisen.

den Analysen angeführt werden, beruhen daher meist nur auf individuellen Ansichten.

Schwefel, Phosphor, Jod, Brom. Fluor, Kiesel.

§. 126. Schwefel und nicht selten Phosphor begleiten die Eiweisskörper (§. 114). Jod findet sich in vielen Quellwassern, in Meerespflanzen, die oft auch Brom enthalten, und in Land- und Süsswassergewächsen. Die Einfuhr desselben macht es möglich, dass sich Spuren in den Geweben einzelner Thiere, z. B. der Wasserhühner oder der Krebse, nachweisen lassen. Fluor zeigt sich in manchen Pflanzengebilden, wie z. B. der Gerste, und in thierischen Geweben, wie den Knochen und den Zähnen. Kiesel tritt als Kieselsäure in reichlicher Menge in den Pflanzen und in sparsamer in den Thieren auf. Sie bildet einen Hauptbestandtheil der Aschenskelette, vorzüglich der Schachthalme und der Stengel vieler Gräser, tritt in geringeren Massen in den Getreidesamen, dem Obste, dem isländischen Moose auf, kehrt in den Kieselpanzern der niedersten organischen Wesen wieder und lässt sich in den Horngeweben, dem Blute und hin und wieder in noch anderen Gebilden der höheren Geschöpfe nachweisen.

Chlor.

§. 127. Das Chlor ist meistentheils an Alkaloide gebunden. Das Kochsalz oder Chlornatrium (Na Cl) spielt eine bedeutende Rolle in der belebten, wie in der todten Natur. Es begleitet das Eiweiss und findet sich in den Knorpeln, den Knochen, den Muskeln, dem Blute und anderen Bestandtheilen des Thierkörpers wieder. Es lässt sich aber dessenungeachtet noch nicht mit Bestimmtheit angeben, ob und welchen naturgemässen Grund es hat, dass wir dieses Salz als Würze unserer Nahrungsmittel bevorzugen. Da viele thierische Gebilde mehr Chlor, als dem nebenbei vorhandenen Natrium entspricht, einschliessen, so ist wahrscheinlich ein Theil mit Kalium, Calcium oder Magnesium verbunden.

Kali und Natron.

§. 128. Obgleich Kali und Natron häufig genug neben einander vorkommen, so scheint doch das eine oder das andere normalgemäss je nach Verschiedenheit der Organe vorzuherrschen. Das Ochsenblut gab z. B. 9,5 Kali auf 100 Natron, während der entsprechende Kaliwerth 275 in dem Safte des Rindfleisches betrug. Die Galle wird als eine Seifenverbindung des Natrons angesehen. Eine geringe Menge von Natron ist häufig dem Eiweiss beigemengt und dieses schwach alkalische Natronalbuminat soll sich leichter in Wasser lösen und bei dem Kochen gallertiger gerinnen.

Alkalische Salze.

§. 129. Verbindungen der Alkalien mit verschiedenen Pflanzensäuren (§. 109) kommen in den vegetabilischen Nahrungsmitteln häufig vor. Die Aschen liefern dann kohlensaure Salze (§. 56), die ausserdem in geringen Mengen in verschiedenen Getränken, im Blute und im Fleische auftreten. Die schwefelsauren und vorzüglich die phosphorsauren Alkalien wurden früher als wesentliche Bestandtheile der Nahrungsmittel häufig angesehen, weil man gewisse Beziehungen derselben zu den Eiweisskörperchen des Schwefel- und Phosphorgehaltes wegen vermuthete und manche phosphorsaure Salze eigenthümliche, später zu betrachtende Wirkungen auf Kohlensäure, Harnsäure und Käsestoff ausüben. Die Samen, welche viel phosphorsaure Salze führen, sollten deshalb eine besondere Bedeutung als Nahrungsmaterial erhalten. Diese Ansichten bedürfen noch festerer Grundlagen. Man weiss jetzt, dass nicht wenige der phosphorsauren Salze, die man in den Aschen

findet, nachträgliche Verbindungen darstellen und in den frischen Theilen nicht vorhanden waren.

§. 130. Die Kalkerde und ihr Begleiter, die Talkerde, sind in den Pflanzen ebenso sehr als in den Thieren verbreitet. Unsere Getreidesamen, die Hülsenfrüchte, die Obstarten, die wir geniessen, und die meisten Thiergewebe enthalten beiderlei Bestandtheile. Sie sind in einzelnen Gewächsen mit Kleesäure, sonst dagegen meist mit Kohlen- oder Phosphorsäure verbunden.

Erden.

§. 131. Geringe Mengen von Eisen und Mangan liessen sich z. B. im Getreide, den Hülsenfrüchten, den Nüssen, den Kartoffeln, dem isländischen Moose nachweisen. Sie finden sich im Blute, der Milch, dem Fleische und den meisten Bestandtheilen der Thiere überhaupt. Spuren von Kupfer können durch Nahrungsmittel, die aus Getreide bereitet werden, und den Genuss mancher thierischer Theile, vorzüglich der Leber der höheren Geschöpfe, der Hühnereier und einzelner wirbelloser Wesen, wie der Schnecken und Dintenfische, eingeführt werden. Andere Metalle gelangen nur ausnahmsweise in den Körper.

Metalle.

§. 132. Der Mangel der Nahrungszufuhr bedingt es, dass der an eine Reihe unerlässlicher Ausgaben gebundene Organismus aus seiner eigenen Masse zehrt, bis er an Inanition zu Grunde geht. Der Erwachsene scheint die vollständige Entziehung von Speise und Trank nur drei Wochen aushalten zu können. Die blosse Einnahme von Getränken verlängerte diesen Termin um das Dreifache. Alle Erzählungen, nach denen Personen viele Monate lang vollständig hungern konnten, müssen in das Reich der Fabeln verwiesen werden.

Entziehung der Nahrungsmittel.

§. 133. Die Kohlenhydrate und die Fette können den Körper nicht erhalten, weil ihnen der Stickstoff und die Aschenbestandtheile mangeln. Eiweiss allein genügt für die Dauer ebenso wenig, weil nicht so viel, als für die einzelnen Ausgaben nöthig ist, verdaut, aufgesogen und vollständig umgesetzt werden kann. Thiere, die mit solchen einseitigen Nahrungsmitteln gefüttert werden, siechen langsam dahin und gehen ebenfalls an Inanition zu Grunde.

Einseitige Nahrung.

§. 134. Es versteht sich von selbst, dass Körper der todten Natur das Leben nicht erhalten können, weil dem Organismus die Fähigkeit mangelt, organische Stoffe aus unorganischen herzustellen. Einzelne Stämme, wie die Otomaken, die Davaner, die Neger verschiedener Himmelsstriche, die Lappländer, essen zwar Erde allein oder mit organischen Substanzen vermischt in Zeiten der Hungersnoth. Die hierzu benutzten, scheinbar unorganischen Massen führen aber meist sogenannte fossile Infusorien, d. h. Reste von niederen Pflanzen (Diatomen oder Bacillarien) und bisweilen von Thieren (Wurzelfüssler oder Rhizopoden) von mikroskopischer Kleinheit, die nicht selten noch organische Stoffe neben ihren unverwüstlichen Kiesel- oder Kalkskeletten führen. Fig. 7 (s. f. S.) zeigt z. B. die mikroskopischen Bestandtheile des Bergmehles von Lillhagsiön in Lappland, das in reichlichstem Maasse zur Nahrung benutzt wird. Man sieht viele Individuen von *Eunotia Triodon* (*a*), *Naviculae* (*b c d e*) und anderen niederen Pflanzen. Moderreste finden sich übrigens auch in vielen Erdarten, welche dem Mineralreiche urprünglich angehören. Man kann daher auf diese Weise Erden

Bergmehl.

haben, die das Leben für einige Zeit kümmerlich fristen, nicht aber für die Dauer genügend erhalten werden.

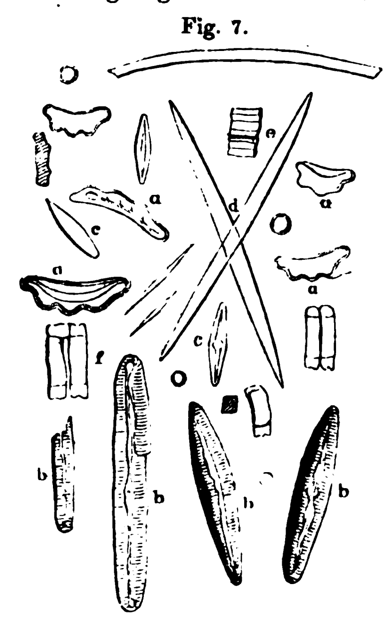


Fig. 7.

§. 135. Da sich alle Körpertheile nach und nach abnutzen und die Nahrungsmittel die entsprechenden Ersatzstoffe für die sämmtlichen Gewebe in den gehörigen Verhältnissmengen darbieten müssen, so lässt sich schon von vornherein erwarten, dass nur eine Mischung verschiedener Producte des Pflanzen- oder des Thierreiches den Forderungen zu genügen vermag. Manche Thiere, wie z. B. Kaninchen, die mit einer sonst scheinbar passenden Nahrung, wie Kartoffeln oder Gerste, unausgesetzt gefüttert werden, magern ab und können endlich zu Grunde gehen. Der unverdorbene Geschmack des Menschen widersetzt sich auch dem zu lange fortgeführten Genusse der gleichen Arten von festen oder flüssigen Nahrungsmitteln.

Kieferbewegungen.

§. 136. Mechanik der Verdauungswerkzeuge. — Die Lagenveränderung der unteren Kinnlade (*ac*, Fig. 8) bestimmt hauptsächlich die Oeffnungsweite der Mundhöhle, welche die Einführung der Nahrungsmittel voraussetzt. Der in seinem Gelenke (bei *a*, Fig. 8) aufgehängte Unterkiefer kann von dem verhältnissmässig unbeweglichen Oberkiefer in verschiedenem Grade entfernt werden. Er senkt sich dabei nach unten oder verschiebt sich nach vorn oder nach einer Seite hin. Der Gelenkkopf verlässt zum Theil die Gelenkhöhle, um die mögliche Bewegungsweite zu vergrössern.

Fig. 8.



Kaumuskeln.

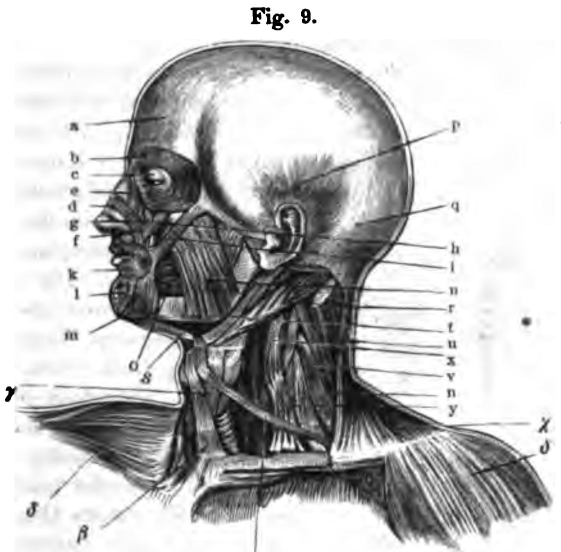
§. 137. Man pflegt vier paarige Hauptmuskeln (*Temporalis*, *Masseter*, *Pterygoideus internus* und *Pt. externus*), die den Kopf mit dem Unterkiefer verbinden, unter dem Namen der Kaumuskeln (*Musculi masticatorii*) zusammenzufassen. Der Schläfenmuskel (*Temporalis*), der von der Schläfengrube (*d*, Fig. 8) aus-

geht und sich an den Kronenfortsatz *b* des Unterkiefers heftet, der Kiefermuskel (*Masseter*) *n*, Fig. 9, welcher den letzteren mit dem Jochbeine *e* vereinigt und der innere Flügelmuskel (*Pterygoideus internus*) heben die untere Kinnlade, wenn sie beiderseits gleichartig wirken. Ein äusserer Flügelmuskel (*Pterygoideus externus*) schiebt sie etwas nach vorn und seitlich. Die gemeinschaftliche und gleich grosse Thätigkeit beider kann sie gerade vorwärts führen. Zweige des dreigetheilten Nerven (*N. trigeminus*) bestimmen ihre Thätigkeit.

Senkung des Unterkiefers.

§. 138. Die Oeffnungsweite der Mundhöhle kann eine blosse Function der Verkürzungsgrösse der Kaumuskeln bilden. Man hat aber auch häufig andere Muskeln, die von dem Unterkiefer zum Zungenbeine gehen, in dieser Beziehung in Anspruch genommen. Ist das Zungenbein unbeweglich festgestellt, so soll der zweibäuchige Halsmuskel (*Digastricus maxillae inferioris*) *s t*, Fig. 9, vorzugsweise der vordere Abschnitt desselben, *s*, die Ent-

Fig. 9.



fernung des Unterkiefers anregen. Manche andere Muskeln (*Mylohyoideus*, *Geniohyoideus* und selbst *Genioglossus* und *Platysmamyoides*), denen man hin und wieder die gleiche Rolle zugeschrieben hat, werden höchstens als Unterstützungsmittel untergeordneten Ranges wirken, wenn nicht die Schwere überhaupt jede Muskelthätigkeit überflüssig macht.

Lippenbewegungen.

§. 139. Die Lippen folgen häufig den Kieferbewegungen passiv nach. Ihre zahlreichen Muskelgebilde, die zum Theil künstlich in der Anatomie gesondert werden (*Levator alae narium labiique superioris*, *e* Fig. 9, *Nasalis labii superioris*, bei *f* Fig. 9, *Levator labii superioris proprius*, *g* Fig. 9, *Zygomaticus major*, *i*, *Z. minor*, *h*, *Orbicularis oris*, *k*, *Levator anguli oris*, *Quadratus menti*, *l*, *Depressor anguli oris*, *m* Fig. 9, *Risorius Santorini*) können die verschiedenen Stellungs- und Lagenveränderungen derselben herbeiführen. Sie werden dann wechselseitig entfernt, mannigfach verzogen und vorgeschoben, wie es Bedürfniss oder Gewohnheit zu bedingen pflegt.

Trinken u. Tabakrauchen.

§. 140. Die Getränke werden durch ihre Schwere oder den äusseren Luftdruck in die Mundhöhle geführt. Wir lassen sie in dem ersteren Falle auf der geneigten Bahn, welche die rinnenartig vertiefte Zunge darbietet, hinabgleiten. Wir umschliessen dagegen in dem letzteren den Flüssigkeitsbehälter luftdicht, erweitern den Raum der Mundhöhle und verdünnen auf diese Weise die Spannung der in der letzteren enthaltenen Gasmassen. Der Ueberschussdruck der Atmosphäre, der auf dem Getränke lastet, treibt ein Aequivalent desselben nach der Mundhöhle über. Das Tabakrauchen setzt eine ähnliche Mechanik voraus.

Behandlung fester Nahrungsmittel.

§. 141. Kleinere Volumina von Nahrungsmassen werden ohne Weiteres in den Mund gebracht oder, wie z. B. Pillen, unangenehme Arzneien, nach der Gegend der Rachenenge hingeworfen, um von den Schlingwerkzeugen aufgenommen und weiter geführt zu werden. Grössere dagegen müssen erst mechanisch zertheilt oder gekaut, bei dieser Gelegenheit mit den Mundflüssigkeiten inniger durchtränkt oder eingespeichelt und endlich zu einem passenden Bissen zusammengeballt werden.

Zahnverschiedenheiten.

§. 142. Das menschliche Gebiss enthält zu diesem Zwecke drei Arten von Zähnen, von denen keine über der anderen wesentlich hervorragt (Fig. 8). Die vier Schneidezähne (*Dentes incisivi*, Fig. 10) eines jeden Kiefers zeichnen sich durch die messerartige Form ihrer Kronen *a* aus. Sie können, indem sie scheerenartig gegen einander geführt werden, zum Abbeissen und auch sonst zum Zerschneiden gebraucht werden. Die vier Eck- oder Augenzähne (*Dentes canini*, Fig. 11), die ihrer längeren Wurzeln, *b*, wegen fester eingekeilt sind, unterstützen häufig die Thätigkeit ihrer Nachbarzähne. Die spitze Gestalt ihrer Kronen *a* wird auch häufig zur gewaltsamen Sprengung härterer Gegenstände, wie der Nüsse oder trockener Zuckerstücke benutzt. Die fünf Backen-, Mahl- oder Stockzähne (Fig. 12) endlich, die wir an jeder Seite des Ober- und des Unterkiefers besitzen, zermalmen die Nahrungsmittel durch ihren senkrechten Druck oder ihre wagerechte Verschiebung. Diese letztere Wirkungsweise tritt in dem Menschen weniger, als in einzelnen Säugethieren, vorzüglich den Pflanzenfressern und vor Allem den Wiederkäuern hervor. Die breiten in einander passenden Kauflächen (*a*, Fig. 12) und die mehrfachen Wurzeln *b b*, welche die Backenzähne darbieten, machen sie vorzugsweise geeignet, die Speisen mühlsteinartig zu zermalmen.

Fig. 10.



Fig. 11.



Fig. 12.



Mechanische Verhältnisse der Zähne.

§. 143. Die wesentlichsten Eigenthümlichkeiten der Zähne hängen mit den mechanischen Bestimmungen derselben innig zusammen Ihre Wurzeln stehen wie fest eingekeilte Nägel in den Kieferfächern. Die zahlreichen, ihnen zukommenden Empfindungsnerven, die von dem zweiten Aste des dreigetheilten Nerven (*N. trigeminus*) in den Zähnen der oberen und von dem dritten in denen der unteren Kinnlade stammen, sind in das Innere, den Zahnkeim oder das Zahnsäckchen verlegt. Der starke Druck, der die äusseren Oberflächen trifft, geht daher schmerzlos vorrüber. Das Haupt-

gerüst eines jeden Zahnes besteht aus der ächten Zahnsubstanz, dem Zahnbein oder Elfenbein (*Substantia vera dentis* s. *Ebur*), das schon härter, als die meisten Knochen zu sein pflegt. Ein System von Zahnröhrchen (Taf. III. Fig. XLIX. *a*, *b*), die mit Flüssigkeit gefüllt sind, durchzieht dasselbe von innen nach aussen. Der Schmelz oder das Email (*Substantia vitrea* s. *Adamas*) bekleidet die Krone als noch härterer Ueberzug. Seine Fasern oder Prismen (Taf. III. Fig. XLIX. *b*, *c*) verflechten sich auf das Dichteste in regelmässigen geschwungenen Bündeln. Der freie Theil des Zahnes gewinnt hierdurch einen kräftigeren Schutz, als die ohnedies verborgene Wurzel, um welche nur eine verhältnissmässig dünne Schale von knochenähnlicher Masse, von Cement oder Zahnkitt (*Caementum*, Taf. III. Fig. L) geht.

§. 144. Wenn auch die harten Massen der Zähne ohne jede weitere Beschwerde beträchtlichere Druckwirkungen beseitigen, so können doch diese Theile manche Empfindungseindrücke vermitteln. Ein starker Temperaturwechsel wird in den Zähnen bald gespürt. Verdünnte Säuren ätzen leicht den Schmelz an und dringen vermuthlich durch die Flüssigkeit der Zahnröhrchen bis zur nervenreichen Pulpe vor. Das Gefühl des Stumpfwerdens bildet dann die subjective Antwort der entsprechenden Veränderung der Nervenfasern.

§. 145. Der Schmelz besitzt einen hohen Grad von Sprödigkeit, so dass bisweilen kleine Bruchstücke desselben unter starkem Drucke abspringen. Er widersteht den Säuren in verhältnissmässig geringem Grade. Ablagerungen von Kalk- und Talkphosphaten, die mit organischen Stoffen vermengt, den Weinstein bilden, kommen an ihm nicht selten vor. Mikroskopische Schimmelfäden und Infusorien nisten häufig an und neben ihm. Ihre zerstörenden Einflüsse greifen oft tief in das Innere, so dass der Zahn hohl wird und endlich theilweise abbricht. Die Verödung des Zahnkeimes nimmt ihm seine Ernährungsfähigkeit. Er entfärbt sich und verliert seine feste Verbindung mit der Beinhaut. Seine Brauchbarkeit mindert sich mit der Unbeweglichkeit seiner Einfügung, bis ihn endlich eine stärkere mechanische Einwirkung aus der Alveole entfernt.

Zunge.

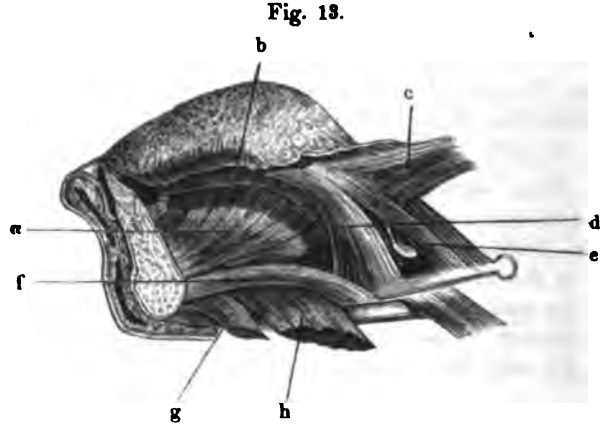
§. 146. Die Zunge, die das feinste Tastvermögen neben einem hohen Grade von Beweglichkeit besitzt, bestimmt hauptsächlich die mannigfachen Ortsveränderungen, welche die Einnahme der Nahrungsmittel, das Kauen und den Uebergang nach der Rachenenge voraussetzen. Sie drückt die abgebissene Masse gegen den harten Gaumen (*b*, Fig. 14 S. 47) und zwingt sie hierdurch, indem sie den Weg vorn und hinten versperrt, nach einem der Räume, die zwischen den Kauflächen der Backzähne liegen, auszuweichen. Der Backenmuskel (*o*, Fig. 9 S. 43) kann seinerseits hindern, dass die gekauten Speisen nach aussen gelangen. Ist Alles zermalmt, so wird die Nahrung nach der Zungenoberfläche durch den Wangendruck zurückgeleitet. Die Zunge selbst, die noch zurückgebliebene Reste herüberholen kann, spielt später von Neuem in berechneter Weise. Ihr Vordertheil stemmt sich gegen den harten Gaumen, um den Ausgang nach vorn zu schliessen. Die allmälige Wölbung der übrigen Abschnitte aber drängt den Bissen nach der Rachenenge hin. Er wird zugleich auf diese Weise inniger zusammen-

geballt und kann um so rascher von den Schlingwerkzeugen weiter befördert werden.

Zungenmuskeln.

§. 147. Die Anatomie kann nur die grösseren Gruppen der paarigen Verkürzungsgebilde, welche dieses eines unendlichen Wechsels fähige Bewegungsspiel möglich machen, nachweisen. Die einzelnen Fasern des Zungenmuskels (*Lingualis*, *b* Fig. 13) und der anderen äusseren einstrahlenden

Fig. 13.



Muskeln verweben sich so sehr, dass der Ueberblick verloren geht und eine genaue Analyse vieler Wirkungscombinationen unmöglich wird.

§. 148. Zwei der äusseren Zungenmuskeln (*Genioglossus*, *a* Fig. 13 und *Hyoglossus*, *de*) verbinden die Zunge mit anderen verrückbaren Knochentheilen, dem Unterkiefer und dem Zungenbein. Sie geht häufig mit diesen hinauf und hinunter, benutzt sie aber meistentheils, wie den unbeweglicheren Griffelfortsatz, zu Ausgangspunkten ihrer Muskelthätigkeit. Die beiderseitige Wirkung des hinteren Abschnittes des Kinnzungenmuskels (*Genioglossus*, *a* Fig. 13) kann die Zunge vorschieben und die der vorderen Abtheilung jenes Muskels, des Griffelzungenmuskels (*Styloglossus*, *c* Fig. 13) und des Zungenbeinzungenmuskels (*Hyoglossus*, *de*) zurückziehen. Der Ausschlag wird sich noch in dem ersteren Falle vergrössern, wenn die Querfasern des Zungenmuskels (*Lingualis*, *b* Fig. 13) die Zunge verlängern. Verkürzung der Längsfasern wird denselben Dienst in dem zweiten Falle leisten.

§. 149. Die einseitige Wirkung jener äusseren Zungenmuskeln kann die Zunge nach einer Seitenhälfte hin senken. Die gemeinschaftliche Thätigkeit der Zungenbeinzungenmuskeln *d e* dagegen wird sie wölben und die der Kinnzungenmuskeln *a* in Verbindung mit den Griffelzungenmuskeln *c* in der Mitte vertiefen. Die verflochtenen Fasern des Zungenmuskels *b* können diese Veränderungen unterstützen und die Zungenspitze vermöge des Wechselspieles ihrer einzelnen Faserbündel in der Mundhöhle herumgehen lassen.

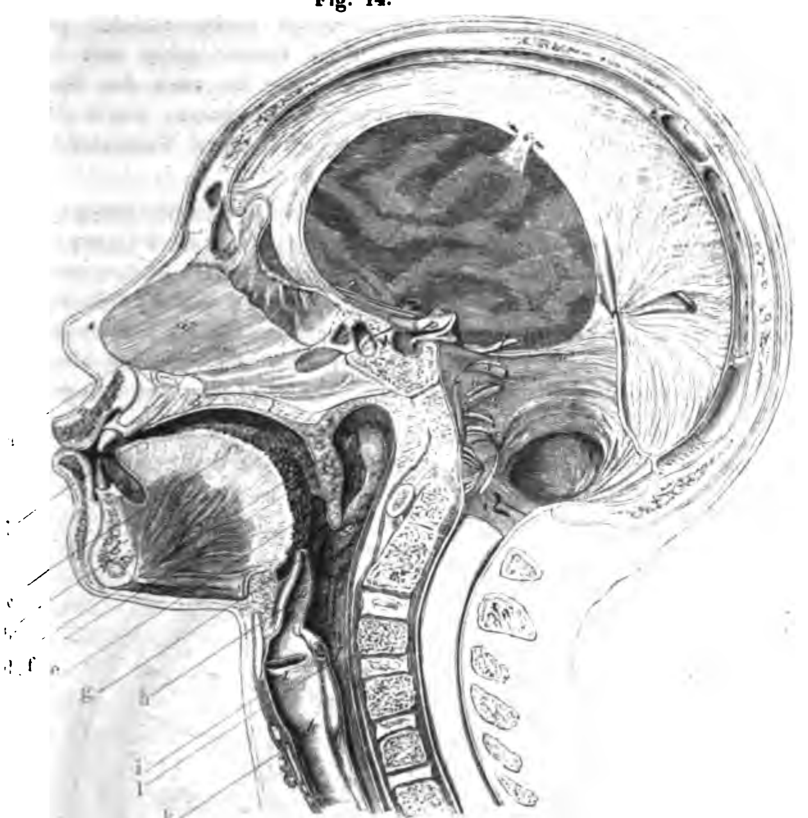
Zungennerven.

§. 150. Der letzte Hirnnerv, der Unterzungennerv (*N. hypoglossus*), liefert die Fasern, welche die Bewegungen der Zunge beherrschen. Sie verdankt dagegen ihr feines Tastvermögen ihren zahlreichen Aesten des dreigetheilten Nerven (*N. trigeminus*).

§. 151. Die Zunge *c* (Fig. 14), die sich in der Mitte vertieft und mit ihren Seitenrändern erhoben hat, wölbt sich successiv vor dem Bissen, drückt

Durchgang durch die Rachenenge.

Fig. 14.



gegen den harten Gaumen *b* und treibt auf diese Weise die Speisemasse nach der Rachenenge (vor *e* Fig. 14) hin. Eine ziemlich verwickelte Mechanik führt sie dann durch den Schlundkopfraum *g* in die Speiseröhre *l* und verhütet zugleich, dass sie sich in die Rachenmündungen der Eustachi'schen Trompeten, die hinteren Oeffnungen der Nasenhöhlen *a* oder die Choanen *f*, oder endlich in die obere Ausgangsspalte der Hohlräume des Kehlkopfes und der Luftröhre *k*, die Stimmritze, Glottis *i* verirrt.

§. 152. Man kann schon äusserlich am Halse fühlen, dass der Kehlkopf (Fig. 14) bei jeder Schluckbewegung in die Höhe geht. Die Muskeln, die sich an den Unterkiefer und das Zungenbein setzen (vorderer Bauch des *Digastricus*, *s* Fig. 9 S. 43, *Geniohyoideus*, *f* Fig. 13 S. 46 und vielleicht zum Theil *Mylohyoideus*, *g h* Fig. 13 und *Stylohyoideus*, *r* Fig. 9) heben ihn dann nicht ganz gerade empor. Der Zungenbein-Schildknorpelmuskel (*Hyothyreoideus*) nähert ihn zugleich dem Zungenbeine. Der mittlere und der untere Theil des Schlundkopfes gehen dann ebenfalls in die Höhe (*Constrictores pharyngis medius et inferior*, *h i* Fig. 17 S. 50, *Sty-*

Verhalten des Kehlkopfes und des Schlundes.

lopharyngeus und zum Theil *Salpingopharyngeus*, *b d*) und kommen auf diese Weise dem Bissen entgegen. Der obere Schlundkopfschnürer (*Constrictor pharyngis superior*, *g* Fig. 17), der sich zum Theil um den weichen Gaumen, die Rachenenge und deren Inhaltsmassen zusammenzieht, presst den von der Zungenwurzel hinübergeschobenen Bissen weiter und überliefert ihn den anderen Schlundkopfschnürern, die ihn nach der Speiseröhre hinabtreiben. Der Kehlkopf und der Schlund sinken, sowie dieses geschehen ist, herunter. Alle diese ineinandergreifenden Veränderungen sind übrigens im Augenblicke vollendet.

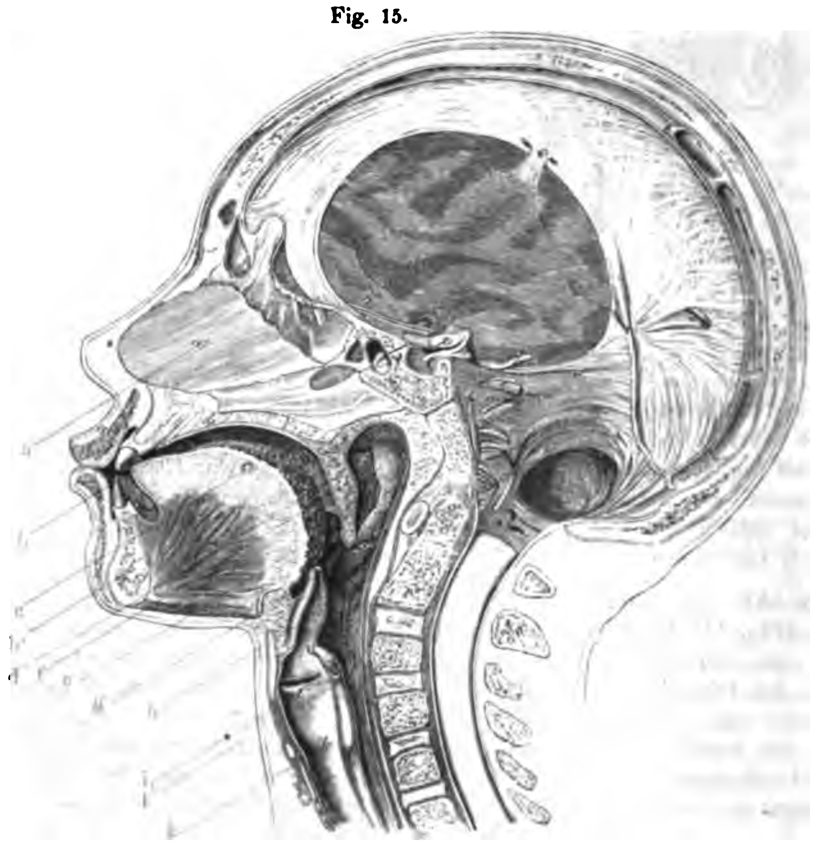
Mündungen der Eustachi'schen Trompeten.

§. 153. Die hohe Lage, die Kleinheit und die fast schlitzförmige Gestalt, welche die Rachenmündungen der Eustachi'schen Trompeten darbieten, würden schon jede Störung des Niederschluckens in den meisten Fällen unmöglich machen. Dieselbe Mechanik, welche den Eintritt in die Choanen verhütet, gewährt noch besondere Schutzmittel. Es kommt daher nur selten selbst bei dem Erbrechen vor, dass Flüssigkeiten oder kleinere halbfeste Massen in die Endstücke der Eustachi'schen Trompeten dringen.

Stimmritze.

§. 154. Wenn der Kehldeckel, *h* (Fig. 15), wie es die nach der Leiche entworfene Abbildung zeigt, aufrecht steht, so liegt allerdings die

Fig. 15.



Stimmritze *i* frei zu Tage. Es könnten dann leicht Nahrungsstoffe in den unteren Kehlkopfraum und die Luftröhre gelangen. Die Zungenbewegung aber, die den Bissen nach der Schlundkopfhöhle treibt, die Hebung des Kehlkopfes und seine Annäherung an das Zungenbein legen den Kehldeckel *h* wie eine Fallthür um. Er bildet dann eine schützende Leitungsbrücke für die festen oder flüssigen Nahrungsmassen. Die Stimmritze selbst schliesst sich überdies im Augenblicke des Niederschluckens. Die sich zusammenlegenden Falten der Umgebung des oberen Kehlkopfraumes können vielleicht ebenfalls zur Sicherung der Mechanik beitragen.

§. 155. Menschen, die den Kehldeckel verloren haben, verschlucken in der Regel feste Speisen ohne Beschwerde. Getränke verirren sich leichter in den oberen Kehlkopfraum. Der Verschluss der Stimmritze, der schon die Nebenfolge der kräftigen Zusammenziehung des unteren Schlundkopfschnürers (*i*, Fig. 18) bildet, gehört ebenso wenig zu den unerlässlichen Vorbedingungen. Man kann die Stimmritze von Thieren künstlich offen erhalten, ohne hierdurch die Speisen von ihrem rechten Wege abzuleiten.

Verschlucken.

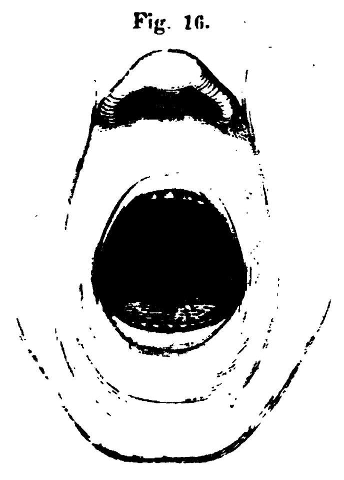
§. 156. Das Verschlucken kommt dessenungeachtet gerade hier am häufigsten vor. Wenn wir sprechen oder lachen, so dringen oft die Speisen oder die Getränke theilweise in den oberen Kehlkopfraum (zwischen *h* und *i*, Fig. 15) und selbst durch die Stimmritze (*i*) weiter hinab, reizen die Schleimhaut und erregen auf diese Weise Hustenbewegungen. Wir athmen nämlich dann gleichzeitig aus, halten deshalb die Stimmritze offen und stören zugleich die Meckanik, welche den Kehldeckel überklappt und den oberen Kehlkopfraum abschliesst.

Weicher Gaumen.

§. 157. Der weiche Gaumen (*dg*, Fig. 15) ändert sich während des Niederschluckens verhältnissmässig am meisten. Er sorgt dafür, dass Nichts in den obersten Schlundkopfraum übertritt und daher die möglichen Irrwege in die Choanen (*f*) und die Rachenmündungen der Eustachi'schen Trompeten abgeschnitten werden.

§. 158. Fig. 16 zeigt uns die hier in Betracht kommenden Theile im Ruhezustande. Jeder Mensch kann seinen eigenen weichen Gaumen im Spiegel betrachten, wenn er die möglich abgeflachte Zunge (*a*, Fig. 16) auf dem Boden der weit geöffneten Mundhöhle zurückhält. Man sieht die beiden vorderen oder die Zungengaumenbogen (*Arcus glosso-palatini*, *bb'*), die beiden hinteren oder die Schlundgaumenbogen (*Arcus pharyngo-palatini*, *cc'*), den Gaumenvorhang (*Velum palatinum*, *d*) und das Zäpfchen (*Uvula*, *e*), die zusammen die Rachenenge (*Isthmus faucium*) begrenzen. Die freien Ränder der hinteren Gaumenbogen ragen etwas weiter nach innen, als die der vorderen. Die Mandeln (*Tonsillae*, *ff'*) liegen im Grunde

Fig. 16.



des zwischen den beiden Gaumenbogen jederseits übrig bleibenden Raumes verborgen.

§. 159. Macht man nun leere Schluckbewegungen und drückt zugleich die sich emporwulstende Zunge der freien Aussicht wegen mit dem Finger nieder, so ändern sich die Verhältnisse, wie es Fig. 17 andeutet. Die vorderen Gaumenbogen (*b b'*) ziehen sich weiter nach aussen zurück, während sich die hinteren (*c c'*) nach innen zu coulissenartig verschieben. Die weite Oeffnung, die zwischen den letzteren im Ruhezustande übrig blieb, verschmälert sich zur Spalte *g*. Die Ränder von *c c'* rücken sogar bis zur vollständigen gegenseitigen Berührung bei dem vollkommneren Schlucken zusammen. Das Zäpfchen *e* kann die oben übrigbleibende Lücke ausfüllen. Die zurückweichenden vorderen Gaumenbogen (*b b'*) erweitern den zwischen ihnen befindlichen Oeffnungsraum und entblössen den grössten Theil der Mandeln (*f f'*). Es kann daher der Bissen leichter durchgehen und den Schleim der Tonsillen abstreifen. Er wird hierdurch schlüpferiger und gleitet deshalb um so eher weiter hinab.

Fig. 17.



§. 160. Selbstmordsversuche, chirurgische Operationen oder zerstörende Krankheitsprocesse machen es bisweilen möglich, dass man den weichen Gaumen unmittelbar sieht. Man hat in solchen Fällen (von Bidder, Kobelt, Nöggerrath) wahrgenommen, dass der Gaumenvorhang (*d e*, Fig. 15 S. 48) schon im Ruhezustande schief steht und sich stärker nach hinten neigt. Die Spitze des Zäpfchens *g* kann der Hinterwand des Schlundes nahe kommen und sie selbst in Einzelfällen berühren. Wenn die hinteren Gaumenbogen (*c c'*, Fig. 17) während des Niederschluckens zusammenstossen, so bilden sie und der weiche Gaumen (*d e*, Fig. 15 und Fig. 17) eine vollständige, schief nach unten und hinten geneigte Scheidewand, die den oberen Schlundkopfraum (*f*, Fig. 15) von dem unteren (unter *g*, Fig. 15) sondert. Die Speisen und Getränke müssen daher die richtige Bahn nach unten (nach *g l*, Fig. 15) einschlagen.

§. 161. Die blosse Thätigkeit des oberen Schlundkopfschnürers genügt nicht, um den Irrweg nach den Choanen abzuschneiden. Die in den hinteren Gaumenbogen (*c c'*, Fig. 17) enthaltenen Muskelfasern (*Pharyngo-palatinus*) müssen sich nach Art eines Kreismuskels (*Sphincter*) zusammenziehen, damit der Abschluss vervollständigt werde. Eine Frau, die an Lähmung der Muskelfasern des weichen Gaumes litt, hatte daher, nach Bérard, das Unglück, dass ihr häufig die Getränke in die Nasenhöhle traten.

§. 162. Das Gaumensegel (*de*, Fig. 15) wird im Augenblicke des Niederschluckens von der Zungenwurzel und dem Bissen emporgedrängt. Es kehrt dann sogleich wieder nach unten zurück.

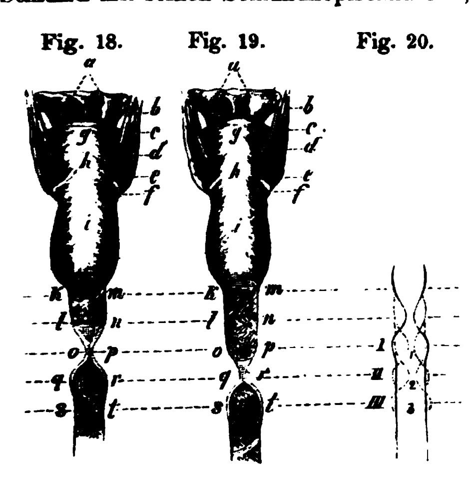
Speiseröhre.

§. 163. Der unterste Schlundkopfschnürer (*i*, Fig. 18) übergiebt den Bissen der stark muskulösen Speiseröhre, die ihn nach dem Magen abwärts führt. Er sinkt hier nicht seiner Schwere nach hinab. Eine eigenthümliche Reihe von Druckwirkungen führt ihn vielmehr von Stelle zu Stelle fort. Der Eintritt in den Magen bleibt hierdurch bei jeder Stellung des Körpers gesichert. Ein Mensch, der auf dem Kopfe steht, kann eine Flasche Wein ohne Beschwerde austrinken.

Bewegungsarten der Speiseröhre.

§. 164. Wenn wir den Halsstamm des herumschweifenden Nerven (*N. vagus*) eines frisch getödteten Säugethieres oder die ganze Speiseröhre (*Oesophagus*) mit dem Magnetelektromotor reizen, so zieht sich diese ihrer gesammten Länge nach auf einmal zusammen. Die Schluckbewegungen dagegen beruhen auf einer anderen Art von Verkürzungserscheinungen. Sie schreiten von Stelle zu Stelle wellenartig, wie in einem kriechenden Wurme, fort. Man nennt daher die Zusammenziehung die Wellen- oder die Wurmbewegung. Da es an und für sich denkbar bleibt, dass jene Wellen in zwei entgegengesetzten Richtungen fortgehen, so spricht man von einer Peristaltik, wenn sie in der Richtung vom Munde nach dem After, und von Antiperistaltik, wenn sie in entgegengesetzter Bahn weiter verlaufen.

§. 165. *a*, Fig. 18, stellt die von hinten gesehenen Choanen, *ghi* den Schlund mit seinen Schlundkopfschnürern, *km* die Uebergangsstelle in die Speiseröhre und *u* einen Bissen, der schon eine bestimmte Strecke weit vorgeschoben worden, dar. Der oberste Theil der Speiseröhre, *klmn*, Fig. 18, ist so weit erschlafft, dass er seine frühere Ruhegestalt angenommen hat. *loq* und *npr* dagegen bleiben in dem Grade verkürzt, dass *o* und *p* zusammenstossen. Zieht sich nun *qr* zusammen, so kann der gedrückte Bissen *u* nicht mehr antiperistaltisch zurückgehen. Er muss vielmehr peristaltisch nach *st* ausweichen.



Ist dieses, wie Fig. 19 zeigt, geschehen, so können sich *q* und *r* bis zur gegenseitigen Berührung nähern. Sie werden daher jetzt die gleiche Rolle, wie früher *op*, Fig. 18, übernehmen. *o* und *p*, Fig. 19, erschlaffen indessen vollständig, während der Druck von *st* den Bissen weiter zu schieben sucht. Die öftere Wiederholung des gleichen Wechselspiels führt endlich die Nahrungsmasse nach dem Magen hinab.

§. 166. Wir können uns die Verhältnisse unter dem Fig. 20 dargestellten Schema versinnlichen. Denken wir uns, die Stelle der grössten Einschnürung liege in dem ersten Zeittheile in 1, während das jenseitige Maximum der Erschlaffung II entspricht, so muss die Zusammenziehung von dem tiefsten Punkte des Wellenthales 1 nach dem höchsten des Wellenberges allmälig abnehmen. Nun wechseln aber die entsprechenden Beziehungen von Stelle zu Stelle. Das Maximum der Verengerung fällt etwas unter 1 und das der Erweiterung unter II im nächsten Zeitabschnitte. Wir haben einen dritten Zeittheil, in welchem 2 und III die gleichen Verhältnisse, wie früher 1 und II, darbieten. 1 bis 2 entspricht daher einer halben und I bis III einer ganzen Wellenlänge. Die Schnelligkeit, mit der die Zusammenziehung und die Erschlaffung in den einzelnen Abschnitten wechseln, bestimmt die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Wurmbewegung.

§. 167. Die Wellen der Speiseröhre eilen zwar bei dem gewöhnlichen Schlucken ziemlich rasch dahin, man kann sie aber dessenungeachtet von Stelle zu Stelle verfolgen, weil die einzelnen Formveränderungen länger anhalten, als die Nachbilder derselben im Auge dauern. Man sieht sie unmittelbar an dem Halse von Pferden oder Wiederkäuern und kann sie leicht an der blossgelegten Speiseröhre der verschiedensten Säugethiere zur Anschauung bringen. Grosse Bissen führen oft zu beträchtlichen Verzögerungen. Sie ruhen nicht selten einen Augenblick und sollen sogar, nach Magendie, aus dem Brusttheile der Speiseröhre der Pferde nach dem Halstheile zurückkehren können. Die letztere Thatsache würde daher auch die Möglichkeit einer antiperistaltischen Bewegungsrichtung darthun.

Magen.

§. 168. Während die Nahrungsmittel den Schlund und die Speiseröhre möglichst rasch durchlaufen, halten sie sich im Magen länger auf, weil die beiderseitigen Mündungen, die der Cardia (*b*, Fig. 21) und des Pförtners (*Pylorus*, *h*) nur zeitweise geöffnet werden. Die sie umgebenden Muskelfasern verschliessen dagegen sonst die Ausgänge mit solcher Hartnäckigkeit, dass man den mit Flüssigkeiten gefüllten Magen jenseit derselben ausschneiden und emporheben kann, ohne dass ein Tropfen des Inhaltes hervordringt.

Fig. 21.



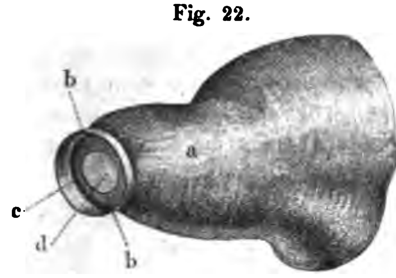
Füllung des Magens.

§. 169. Der äussere Luftdruck, der auf den Unterleibseingeweiden lastet, drängt die Wände des leeren Magens bis zur gegenseitigen Berührung zusammen. Die Verkürzung des unteren Theiles der Speiseröhre liefert den für die Einführung der Nahrungsmittel nöthigen Ueberschussdruck. Ist nun der Magen mit einer bedeutenden Menge derselben gefüllt worden, so wölbt sich seine Vorderfläche. Die grosse Curvatur (*d*) verlängert sich beträchtlicher, als die kleine (*e*). Die gegenseitige Entfernung der Cardia (*b*) und des Pförtners (*f*) dagegen wechselt in beschränkterem Maasse. Der ganze Magen verschiebt sich bei aufrechter Stellung nach unten hin.

Durchgang der Getränke.

§. 170. **Getränke**, die nur theilweise im Magen aufgesogen werden, scheinen oft auf kürzestem Wege nach dem Zwölffingerdarme g, Fig. 21, überzugehen. Sie häufen sich bisweilen in dem Blindsack (c) an und werden dann längs des Mitteltheiles (de) nach dem Pförtner (f) geführt. Die Oeffnung der Pförtnerklappe (*Valvula pylori*, bb, Fig. 22) gestattet ihnen endlich den Eintritt in den Zwölffingerdarm (c, Fig. 22).

Fig. 22.



Magenbewegung bei Speiseinhalt.

§. 171. Die Speisen führen zu verwickelteren Verkürzungserscheinungen, deren untergeordnete Verhältnisse häufig wechseln. Mehrere Gründe haben es trotz vieler Beobachtungen, die an lebenden Thieren angestellt worden, unmöglich gemacht, sichere Schemen in dieser Beziehung anzugeben. Die einfachen Muskelfasern des Magens bieten ungleich grosse Wechselzeiten der Ruhe und der Verkürzung dar. Der gefüllte Magen bewahrt daher häufig seine gegebene Form für längere Zeit, wenn selbst die dünnen Gedärme eine lebhafte Wurmbewegung erkennen lassen. Die Zusammenziehungen beschränken sich meistens auf einzelne Abschnitte. Sie bestehen in mehr oder minder ausgedehnten Verengerungen, örtlichen Einschnürungen, Wellenbewegungen oder Faltungen. Keine dieser Veränderungen aber vergrössert den Rauminhalt des Organes. Es kommt zwar häufig vor, dass sich der Magen vor dem Erbrechen, oder wenn er blossgelegt worden, aufbläht. Diese Erscheinung rührt aber nur davon her, dass grössere Luftmassen nach und nach eingetrieben werden oder sonst in die Magenhöhle treten.

§. 172. Die Flüssigkeiten, die neben den Speisen verzehrt werden, häufen sich oft in dem Blindsacktheile (c, Fig. 22) an. Eine tiefere Einschnürung soll diesen sogar bisweilen von dem Pförtnerabschnitte sondern. Die festen Nahrungsmittel werden häufig langsam im Kreise herumgewälzt. Sie gehen dabei längs der kleinen Krümmung (e, Fig. 22) dahin und kehren später längs der grossen (d) oder umgekehrt zurück oder machen andere Drehbewegungen (de), die mehr einer queren Drehungsachse entsprechen. Die Speisen werden auf diese Art mit dem Magensafte verknetet. Flüssigkeiten und Luft können sich zu einer schaumigen Mischung verbinden. Die Haarballen, die man häufig in den Haussäugethieren, wie dem Rinde, der Ziege und selbst dem Hunde findet, liefern gewissermaassen einen sinnlichen Abdruck dieser Drehbewegungen. Die verschluckten, mit Schleim und anderen Substanzen des Mageninhaltes verkneteten Haare (b, Fig. 23) sind um eine Achse (a) regelmässig vertheilt.

Fig. 23.



Chymus.

§. 173. Wir werden später sehen, dass der Magensaft einzelne Stoffe der Nahrungsmittel auflöst. Was nicht auf der Stelle aufgesogen wird, vermischt sich mit den unlöslichen Resten zu einer weichen Masse, die man Speisebrei oder Chymus nennt. Ist der Magen mässig gefüllt, so führen endlich peristaltische Bewegungen des Pförtnertheiles (*a*, Fig. 22) die einzelnen Chymusmengen mit oder ohne Getränke durch die geöffnete Pförtnermündung (*d*) in den Zwölffingerdarm (*c*). Wenn aber reichliche Futtermassen den Magen strotzend ausdehnen, so werden zuerst die oberflächlichsten Schichten, wie man in Kaninchen sieht, unter dem Einflusse des Magensaftes erweicht und durch die späteren Magenbewegungen abgestrichen und entfernt. Dieser Vorgang erleichtert die Einwirkung des Magensaftes auf die tieferen Lagen des Speiseballens.

§. 174. Die Magenbewegungen scheinen in der Regel in späterer Verdauungszeit verhältnissmässig lebhafter auszufallen. Die Cardia (*b*, Fig. 21) und der Blindsack (*c*) ruhen öfter, als der Pförtnerabschnitt (*f*). Die Peristaltik kann über eine örtliche Einschnürung ohne weitere Störung hinweggehen.

Aufstossen und Erbrechen.

§. 175. Es kommt nicht selten vor, dass der Mageninhalt nach der Speiseröhre, dem Schlunde und der Mundhöhle zurückkehrt. Das Aufstossen besteht in dieser regelwidrigen Bewegungsart der Gase und geringerer Mengen von flüssigen oder weicheren Massen, das Erbrechen dagegen in der von grösseren Quantitäten fester oder flüssigerer Substanzen, die auf irgend eine Weise in den Magen gekommen sind. Das Letztere bildet einen nothwendigen Act des Wiederkäuens. Es gehört dagegen sonst zu den krankhaften Erscheinungen.

Gelegenheitsursachen des Erbrechens.

§. 176. Der überfüllte Magen kann sich eines Theiles seines Inhaltes bei vorkommender Gelegenheit entledigen. Ein starker Druck der Bauchdecken z. B., wie er den Husten begleitet, wirft eine gewisse Ueberschussmenge hinaus. Die gewöhnlichen Ursachen des Erbrechens liegen aber in den Nervenverhältnissen der hier in Betracht kommenden Körpergebilde. Einwirkungen, die von gewissen Hirntheilen ausgehen, der Schwindel und ihm verwandte Eingriffe, wie die, welche z. B. die Seekrankheit bedingen, das Kitzeln einzelner Abschnitte der Zungenwurzel, des weichen Gaumens oder des Schlundkopfes, Erregungen, welche die Magennerven oder die Magenhäute mittelbar oder unmittelbar treffen, einzelne Stoffe, wie die Brechwurz oder Ipecacuanha, der Brechweinstein [$(KO . Sb_2 O_3) C_8 H_4 O_{10} . 2 HO$], das schwefelsaure Zinkoxyd ($Zn S O_3$), die in das Blut übergegangen, alle Ekel erregenden Substanzen und selbst die blosse nachdrückliche Vorstellung derselben führen am ehesten zu Brechbewegungen. Die ihm vorangehenden unangenehmen Empfindungen der Uebelkeit verrathen die Spannung, welche in den Nervengeweben durchgreift, ehe sie sich in dem Ausbruche der tumultuarischen Bewegungserscheinungen Luft macht. Eine oder mehrere Entladungen können daher zur früheren Gleichgewichtsruhe zurückführen.

Bauchpresse.

§. 177. Die Bauchpresse, welche die Entleerung des Harnes und des Stuhles häufig begünstigt und die Geburt des Kindes wesentlich unter-

stützt, übernimmt eine Hauptrolle in dem Erbrechen des Menschen und der unversehrten Säugethiere. Fig. 24 kann uns die Mechanik derselben klar machen.

Fig. 24.



Die Zeichnung sucht die Verhältnisse, wie sie sich in der Leiche darstellen, wiederzugeben. Das Zwerchfell *mno*, Fig. 24, welches die Brust- von der Bauchhöhle trennt, ist im ruhenden Zustande nach unten ausgehöhlt. Die Bauchdecken ($\varepsilon\vartheta\eta$) dagegen wölben sich häufig nach aussen in erschlafftem Zustande.

Diese beiden Arten von Muskelgebilden spielen in entgegengesetzter Weise in den gewöhnlichen Athembewegungen. Das Zwerchfell zieht sich bei dem Einathmen und die Bauchmusculatur bei dem Ausathmen zusammen. Die Verkürzung des Zwerchfelles führt den sehnigten Theil desselben hinab. Es sucht aus der gekrümmten Lage *mno* in eine minder gewölbte *mo* überzugehen. Die Brusthöhle gewinnt daher den Raum *mno*, während ihn die Bauchhöhle einbüsst. Wenn nun die gleichzeitig erschlafften Bauchdecken ($\varepsilon\vartheta\eta$) nachgeben, so werden die Unterleibseingeweide vorgeschoben und die Bauchwände nach aussen gedrängt. Sowie später eine tiefere Ausathmung eingreift, ziehen sich die Bauchmuskeln zusammen, während das Zwerchfell erschlafft. Jene gehen aus der Stellung $\varepsilon\vartheta\eta$ in die geradlinigtere $\varepsilon\eta$ über. Die Verrückung der Unterleibseingeweide kann sich daher in der entgegengesetzten Richtung wiederholen, weil das erschlaffte Zwerchfell nachgiebt und nach der Brusthöhle emporgedrängt wird.

Die Bauchpresse besteht in der gleichzeitigen Zusammenziehung des Zwerchfelles und der Bauchmuskeln. Der Raum der Bauchhöhle soll dann um *mno* und $\varepsilon\vartheta\eta$ zugleich abnehmen. Das Zwerchfell und die Bauchmuskeln erzeugen einen Druck, der eine entsprechende Menge des Inhaltes der Bauchhöhle austreiben kann. Es hängt nur von den Nebenverhältnissen ab, welche Ausgangsöffnung der Unterleibs- oder der Beckeneingeweide nachgiebt, wenn jenes Ziel erreicht wird. Die Lüftung des Blasenausganges (unter *x*, Fig. 24) führt zur Harnentleerung. Ist es die Gebärmutter (*w*), welche die Ausgleichung herbeiführt, so wird ihr Inhalt, das Ei oder das Kind, hervorgepresst. Der Koth tritt unter ähnlichen Bedingungen zur Afteröffnung des Mastdarmes (*y*) heraus. Oeffnet sich endlich

die Cardia (*q*), so wird ein Theil des Mageninhaltes nach der Speiseröhre hinaufgeworfen.

§. 178. Der Druck, den die Bauchpresse auf den gefüllten Magen ausübt, kann auf diese Weise zum Erbrechen führen. Die vorangegangene Aufblähung desselben (§. 171) wird die Wirkung des Zwerchfelles und der Bauchmuskeln begünstigen.

Verhältniss der Speiseröhre und des weichen Gaumens.

§. 179. Die Speiseröhre zieht sich im Augenblicke des Erbrechens lebhaft zusammen, wenn sie selbst vorher von dem Magen getrennt worden. Eine antiperistaltische Bewegung derselben lässt sich mit Bestimmtheit nicht erkennen. Der kräftige Druck der Bauchpresse wirft die Nahrungsmittel im Augenblicke durch den verkürzten und erweiterten Speisecanal nach der Rachenenge hinauf. Der Gaumenvorhang, das Zäpfchen und die Gaumenbogen suchen wiederum den oberen Schlundraum abzuschliessen (§. 159). Das Tumultuarische des ganzen Herganges und die grosse Schnelligkeit, mit welcher das Erbrochene emporgeschleudert wird, hindern nicht selten die genügende Einstellung. Gewisse Mengen der hinaufgeworfenen Nahrungsmittel dringen daher leicht in die Nasenhöhle. Das Niesen folgt dann binnen Kurzem nach.

Ausschliessliche Wirkung der Bauchpresse.

§. 180. Da die Cardia gleichzeitig gelüftet und die Speiseröhre verkürzt wird, so kann die Bauchpresse allein den Mageninhalt nach der Rachenhöhle hinaufwerfen. Es gelingt in der That in vielen Fällen nicht, irgend eine Art von Magenbewegungen in Hunden und Katzen im Augenblicke des Erbrechens zu bemerken. Magendie ersetzte den Magen eines Hundes durch eine mit Flüssigkeit gefüllte Schweinsblase, nähte die Bauchdecken zu und spritzte eine Lösung von Brechweinstein ins Blut. Das Thier entleerte den Inhalt der todten Blase ohne Schwierigkeit.

Veränderungen im Magen.

§. 181. Der Magen verkürzt sich bisweilen unmittelbar vor und selbst während des Erbrechens. Oertliche Einschnürungen und manche beschränkte Bewegungen, die von den eingeführten Nahrungsmassen oder anderen Ursachen erregt werden, haben keine weitere Bedeutung für die uns hier beschäftigenden Vorgänge. Verkürzungen, die sich von dem Pförtner (*f*, Fig. 21) nach dem Blindsacke (*c*) fortpflanzen, können den Mageninhalt nach dem Cardiabezirke (*bc*) schieben und das Erbrechen erleichtern oder den Verschluss der Pförtnermündung (*h*) sichern helfen. Alle diese Erscheinungen liefern keine Beweise für die active Theilnahme des Magens bei dem Erbrechen. Thiere, deren Magen durch eine Spalte der Bauchdecken vorgezogen worden, können häufig nicht mehr zum Brechen kommen. Sie entleeren in anderen Fällen einen Theil der Flüssigkeiten oder der Gase, die in reichlicher Menge im Magen enthalten waren. Man sieht hieraus, dass dieser keine irgend erhebliche Rolle für die Mechanik des stürmischen Erbrechens übernehmen kann. Die örtliche Reizung desselben, und zwar vorzugsweise des Pförtnerabschnittes liefert dagegen häufig die Ursache des Erbrechens. Krebsige und andere Entartungen der Magenwände, ein von Geschwülsten der Nachbartheile ausgehender anhaltender Druck werden von häufigem Erbrechen begleitet.

Wiederkäuen des Menschen.

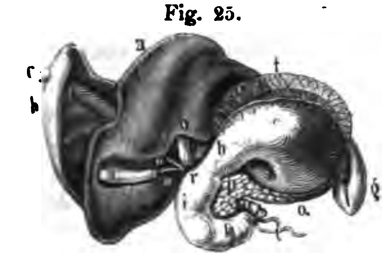
§. 182. Die beiden ersten Mägen der Wiederkäuer sollen sich, nach Flourens, selbständig zusammenziehen und die Wirkung der Bauchpresse unterstützen, wenn die durchweichten Speisen nach der Mundhöhle

hinaufgeworfen werden. Man hat auch angenommen, dass regelwidrige Magenbewegungen das sogenannte Wiederkäuen des Menschen begleiten. Es giebt nämlich Personen, in denen ein Theil der verzehrten Nahrungsmittel einige Zeit später nach der Schlund- oder selbst nach der Mundhöhle zurückkehrt. Ueble Gewohnheit kann diesem Fehler zum Grunde liegen. Er geht aber auch aus angeborenen oder später erworbenen Krankheitszuständen hervor. Ein schwacher Druck der Bauchpresse greift hierbei im Anfange ein. Das spätere Hinaufgleiten dagegen soll nur von den Verkürzungen des Magens und der Speiseröhre nach den an sich selbst gemachten Beobachtungen von Cambay[5]) abhängen. Der Kranke kann die Speisen nach Belieben in die Mundhöhle überführen oder von dem Schlunde aus nach dem Magen zurückkehren lassen.

Eintritt von Galle und Bauchspeichel.

§. 183. Der Speisebrei, der den Pförtnertheil des Magens (*e*, Fig. 25) verlässt, gelangt zunächst in den oberen wagerechten Abschnitt des Zwölffingerdarmes (*Duodenum*), den *h*, Fig. 25, etwas verzogen darstellt, weil der Magen (*e*) und das grosse Netz (*f*) nach oben zurückgeschlagen worden. Er tritt dann in den absteigenden Theil (*i*) und mischt sich hier mit der in der Leber (*a*) abgesonderten Galle und dem in der Bauchspeicheldrüse oder dem Pancreas (*p*) bereiteten Bauchspeichel. Die Galle kann entweder unmittelbar aus der Leber (*a*) durch den Lebergang (*Ductus hepaticus*, *n*) oder aus ihrem Ansammlungsbehälter, der Gallenblase (*l*), durch deren Ausführungscanal, den Gallenblasengang (*Ductus cysticus*, *m*), abfliessen. Diese beiden Abzugscanäle vereinigen sich zu dem Gallenausführungsgange (*Ductus choledochus*, bei *r*, Fig. 25), um sich neben dem Ausführungsgange der Bauchspeicheldrüse (*pq*) oder dem Wirsung'schen Gange (*Ductus Wirsungianus*) in den absteigenden Theil des Zwölffingerdarmes einzusenken. Die Abzugsröhren der Secrete der Leber und des Pancreas verlaufen erst eine Strecke weit zwischen den Muskelbündeln der Mittelhaut jenes Darmtheiles, ehe sie auf einer Erhabenheit der Schleimhaut in dessen Hohlraum münden. Diese Einrichtung verhütet jeden störenden Eintritt von Inhaltsmassen des Zwölffingerdarmes. Die Absonderungsflüssigkeiten können überdies nur, wenn jene Muskelfasern erschlafft sind, übertreten.

Fig. 25.



Dünne Gedärme.

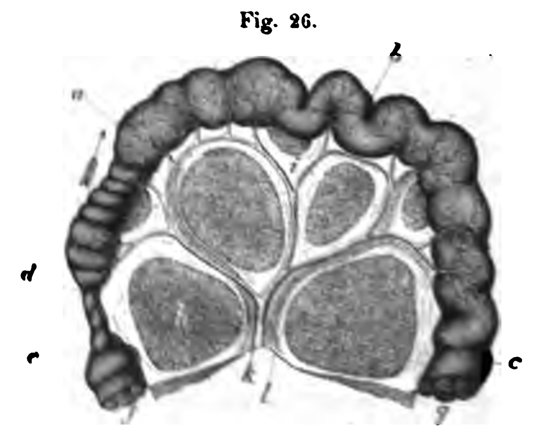
§. 184. Die dünnen Gedärme, zu denen der obere wagerechte (*h*, Fig. 25), der absteigende (*i*) und der untere wagerechte Abschnitt (*k*) des schon erwähnten Zwölffingerdarmes (*Duodenum*), der Leerdarm (*Jejunum*) und der Krummdarm (*Ileum*) (*s*, Fig. 24) gehören, führen allmälig die Speisereste, deren nicht aufgesogene Lösungen und die Beimischungsflüssigkeiten peristaltisch fort. Die Geschwindigkeit der Bewegung fällt aber in dem lebenden Geschöpfe geringer aus, als sich nach der Untersuchung mancher frisch getödteter Thiere erwarten liess. Viele eingreifende Ruhepausen verzögern noch das Fortrücken der Nahrungsreste in höherem Maasse.

Wurmbewegung des Dünndarmes.

§. 185. Oeffnet man die Unterleibshöhle eines Kaninchens, welches erstickt oder durch einen Schlag auf das Hinterhaupt getödtet worden, so stösst man in der Regel auf die lebhafteste wühlende Bewegung vieler Abschnitte der dünnen Gedärme. Man würde irren, wenn man diese Erfahrungen ohne Weiteres auf die Verhältnisse des lebenden Wesens übertragen wollte. Untersucht man die Därme eines nicht betäubten Kaninchens, so findet man schon, dass sich der Nahrungsschlauch bei weitem ruhiger verhält. Der Dünndarm von Mäusen, welche die Einathmung von Aetherdämpfen unempfindlich gemacht oder erstickt hat, lässt oft keine Spur von Zusammenziehungen, selbst bei dem Gebrauche elektrischer Erregungen wahrnehmen. Es kommt in manchen Operationen, wie dem Bruch- oder dem Kaiserschnitte, vor, dass einzelne Schlingen der dünnen Gedärme blossgelegt werden. Sie verkürzen sich gar nicht oder wenigstens nicht so lebhaft, als in manchen Hingerichteten, deren Unterleibshöhle kurz nach dem Tode geöffnet worden. Menschen, die eine Bauchfistel des Dünndarmes nach einer Bruchoperation übrig behalten haben, in denen also eine Oeffnung der Bauchdecken zu einem Abschnitte des Dünndarmes führt, entleeren die Speisereste um Vieles später, als ihre Magenverdauung beendigt worden. Hat man eine Magen- und eine Darmfistel in einem Hunde angelegt, so dauert es immer eine verhältnissmässig beträchtliche Zeit, ehe ein Theil der Substanzen, die man durch die Magenfistel eingeschoben, zur Oeffnung des Dünndarmes heraustritt. Reizende Stoffe gehen im Allgemeinen rascher, als indifferentere durch.

§. 186. Der Wechsel von Ruhe und Zusammenziehung lässt sich in den dünnen Gedärmen von Kaninchen, die kurz vorher getödtet worden, in den meisten Fällen deutlich verfolgen. Fig. 26 stellt uns die hauptsächlichsten Formveränderungen, welche die Zusammenziehung herbeiführt, nach der Natur gezeichnet übersichtlich dar.

Fig. 26.



Man sieht nicht selten, dass eine Wurmbewegung, durch welche ein Darmtheil abwechselnd wellig erhoben und eingesenkt wird (*b*, Fig. 26) an einem Punkte (*a*) beginnt und bis zu einer bestimmten Stelle (*c*) fortschreitet. Der Mechanismus stimmt im Wesentlichen mit dem, der in Fig. 18 bis 20 für die Speiseröhre erläutert worden, überein. Der Wechsel der Zusammenziehung und der Erschlaffung bietet nur einen geringeren Grad von Geschwindigkeit dar. Es kann dabei vorkommen, dass die Bewegung in einer Richtung fortgeht oder zwei entgegengesetzte Wellenzüge von einem Punkte beginnen. Peristaltische und antiperistaltische Zusammenmenziehungen kommen entweder gesondert oder neben einander vor. Diese

Wurmbewegungen aber beschränken sich auf eine kürzere oder längere Strecke des Darmrohres.

Ein Bezirk desselben (*ad*, Fig. 26) kann beträchtlich verengert erscheinen und zahlreichere und tiefere Einschnürungen mit verhältnissmässig höheren dazwischenliegenden Wellenbergen darbieten. Diese Verkürzungsweise verharrt oft längere Zeit unverändert oder schreitet wenigstens langsamer fort. Es kommt vor, dass der Darm eine Strecke weit (*de*) beträchtlich verengt bleibt, an einzelnen Orten ringförmig oder halbseitig eingeschnürt ist und seine gegenüberstehenden Wände an einander gedrückt werden. Halbflüssige und gasförmige Massen, die weiter getrieben werden, blähen die Nachbarstücke auf. Eine Wellenbewegung kann ihren Weg über eine solche örtliche Einschnürung ungehindert verfolgen. Kräftigere Zusammenziehungen treiben die Inhaltsmassen (*fg*) an Durchschnittsstellen heraus. Sie stülpen oft den getrennten Darm an den Schnitträndern um oder drängen Schleimhautstücke wulstig hervor.

§. 187. Man kann keinen geordneten Plan in diesen Bewegungserscheinungen verfolgen. Die Zusammenziehung, die an einer bestimmten Stelle begann, wiederholt sich häufig an demselben oder einem anderen Punkte und setzt sich über eine variable Bahnstrecke fort. Die einzelnen Darmschlingen bleiben bisweilen im Ganzen ruhig liegen. Sie drehen sich in anderen Fällen um ihre Längsachse oder verschieben sich auf das Mannigfachste. Man kennt noch nicht die Bedingungen, von denen jene einzelnen Erscheinungen herrühren, und weiss eben so wenig, welche Verbindung von Ursachen die Nahrungsreste des lebenden Menschen nach abwärts führt. Stärkere Erregungen pflegen beträchtlichere und dauerndere Verkleinerungen der Kreisschnitte des Darmrohres oder örtliche Einschnürungen zur Folge zu haben. Grössere Ruhepausen wechseln, wie Thiere mit Darmfisteln lehrten, mit plötzlich eintretenden Bewegungserscheinungen häufig ab.

Wechselnder Schluss der Pförtnerklappe.

§. 188. Die Pförtnerklappe (*bb*, Fig. 22 Seite 53), die an der Dünndarmgrenze des Magens angebracht ist, kann den Rücktritt der Inhaltsmassen des Zwölffingerdarmes zu verhüten suchen. Ihre Dienste versagen aber nicht selten unter regelwidrigen Verhältnissen. Galle, Speisebrei und selbst Koth dringen dann in die Magenhöhle ein.

Fig. 27.



Grimmdarmklappe.

§. 189. Man findet ein zweites Ventil an der Uebergangsstelle der dünnen in die dicken Gedärme. Die eigenthümliche schiefe Einsenkung des untersten Abschnittes des Krummdarmes (*a*, Fig. 27) erzeugt nämlich eine besondere Faltenbildung (*ckh*), die sogenannte Grimmdarm- oder Bauhinische Klappe. Sie gestattet den Eintritt des Nahrungsbreies aus dem Krummdarm (*a*) in den gemeinschaftlichen Hohlraum des Blinddarmes (*Coecum*, *b*) und des aufsteigenden Grimmdarmes (*Colon adscendens*, *f*), verhütet dagegen die entgegengesetzte Bewegungsrichtung auf das Nachdrücklichste. Wenn

man Flüssigkeiten von den dicken Gedärmen (*bf*) aus nach den dünnen (*a*) überzutreiben sucht, so schliesst oft die Grimmdarmklappe, selbst des Leichnams, so vollständig, dass die gefüllten Dickdarmtheile eher bersten, als dass ein Tropfen in den Krummdarm vordringt. Das Ventil versagt auch seine Dienste erst nach den hartnäckigsten Eingriffen in dem lebenden Körper. Das wahre Kothbrechen, durch welches nicht etwa Inhaltsmassen der dünnen Gedärme, sondern Excremente rückwärts geführt werden, findet sich nur bei den stärksten Brucheinklemmungen der dicken Gedärme.

Kothbrechen.

§. 190. Der Rückweg, den die Nahrungsreste in solchen Ausnahmsfällen einschlagen, scheint sich am einfachsten aus einer antiperistaltischen Bewegung der entsprechenden Abschnitte des Nahrungscanales erklären zu lassen. Mehrere ältere und neuere Forscher haben dieses mit Recht bezweifelt. Brinton nimmt nach seinen Erfahrungen an, dass die peristaltische Bewegung, wenn der untere Ausgang verschlossen ist, zwei Stromesrichtungen erzeugt. Die peripherische ist nach dem After, die Achsialströmung dagegen entgegengesetzt gewendet. Betz schreibt die Hauptrolle der Bauchpresse zu.

Blinddarm.

§. 191. Ist der Inhalt des Krummdarmes (*a*, Fig. 27) durch die Spalte (*k*) der Grimmdarmklappe (*hc*) durchgedrungen, so ständen ihm möglicherweise zwei Wege, der nach dem Blinddarm (*b*) und der nach dem aufsteigenden Grimmdarm (*f*), offen. Die hier angebrachten Muskelfasern treiben ihn wahrscheinlich zuerst nach dem Blinddarme (*Coecum*, *b*) über. Man findet diesen in wohlgenährten Pflanzenfressern strotzend gefüllt. Die chemischen Verdauungserscheinungen deuten auf einen längeren Aufenthalt der Nahrungsreste in diesem Abschnitte des Verdauungscanales. Man weiss dagegen nicht, ob zuletzt grössere Mengen auf ein Mal oder nur kleinere Bruchstücke allmälig nach dem aufsteigenden Grimmdarm übergeführt werden.

Wurmfortsatz.

§. 192. Der Wurmfortsatz (*Processus vermiformis*, *d*, Fig. 27) kann ebenfalls Fragmente der Nahrungsreste aufnehmen. Verschluckte Kirschkerne bleiben bisweilen in dem dünnen Rohre haften. Sie können zu Entzündung, Eiterung, brandiger Zerstörung und Durchbohrung führen und eine tödtliche Affection der Unterleibseingeweide durch den nachträglichen Erguss der Kothmassen in die Unterleibshöhle zur Folge haben.

Grimmdarm.

§. 193. Der Blinddarm (*b*, Fig. 27), der aufsteigende (*f*, Fig. 27), der quere und der absteigende Grimmdarm (*Colon transversum* und *descendens*, *tu*, Fig. 24 S. 55) besitzen starke blasigte Erweiterungen oder Haustra (*e*, Fig. 27), welche durch die zu grosse Kürze der später zu erwähnenden muskulösen Längsbündel erzeugt werden, eine Art von Nebenbeuteln darstellen, die Berührungsoberfläche vergrössern helfen und die Fortbewegung der in ihnen liegenden Massen verzögern. Die sichelförmigen Falten (*g*, Fig. 27), die an den queren Einschnittsstellen im Innern verlaufen, begünstigen die zuletzt genannte Wirkungsweise. Die Verkürzung der in ihnen enthaltenen Muskelfasern kann die einzelnen Haustra theilweise oder vollständig abschliessen. Es beruht wahrscheinlich auf dieser von der Sichelfalte *g*, Fig. 27, ausgehenden Mechanik, dass die von dem Krummdarme (*a*) herabkommenden Speisereste in den Blinddarm (*b*)

und nicht sogleich in den aufsteigenden Grimmdarm *f* übergehen (§. 190). Die sogenannten Bänder (*f*, Fig. 27, und *tu*, Fig. 24) sind Ansammlungen von Muskelbündeln, welche der Länge nach verlaufen, den Dickdarm in dieser Richtung verkürzen, gewissermaassen niedriger und unter manchen Verhältnissen breiter machen können.

Peristaltik des Dickdarms.

§. 194. Die Dickdarmbewegungen, die nicht selten in frischen getödteten Kaninchen beobachtet werden, bestehen in der Regel in Wellenzügen, die oberflächlich dahinzugleiten und die Inhaltsmassen nicht merklich fortzuschieben pflegen. Kräftigere Wirkungen kommen wenigstens in den Bezirken des Blinddarmes und des oberen Abschnittes des Grimmdarmes besonders bei stärkeren Füllungen seltener vor. Der Wechsel von Ruhe- und Bewegungszeiten kehrt auch hier wieder. Rechnet man noch hinzu, dass vermuthlich die Bewegungen im Leben langsamer ausfallen, die dichteren Kothmassen beträchtlichere Widerstände entgegensetzen und die mechanischen Hindernisse der Darmtheile grösser sind, so lässt sich schliessen, dass die Nahrungsreste den Blinddarm und den Grimmdarm mit noch geringerer Schnelligkeit, als die dünnen Gedärme durchsetzen werden.

Mastdarm.

§. 195. Der gleichförmiger cylindrische Mastdarm (*Rectum*, *y*, Fig. 24 S. 55) besitzt eine verhältnissmässig starke Musculatur, die aus ähnlichen einfachen Muskelfasern (Taf. IV. Fig. LIX. LX. LXI.), wie die des Magens, der dünnen und der übrigen dicken Gedärme besteht. Mechanische Anregungen und vorzüglich die Reizung des untersten Theiles des sympathischen Nerven zwingen ihn häufig zu den kräftigsten Verkürzungserscheinungen in Kaninchen, die kurz vorher getödtet worden. Er geht dann oft mit vieler Lebhaftigkeit stossweise auf und nieder. Eine starke sich hinzugesellende Peristaltik kann die Kothballen ziemlich schnell forttreiben. Abschnitte, die eben entleert worden, legen sich häufig zusammen und hindern auf diese Weise den antiperistaltischen Rückgang.

§. 196. Die an ihrer Gekrösschlinge aufgehängte Sförmige Biegung (*v*, Fig. 24), durch welche der absteigende Grimmdarm (*u*) in den Mastdarm (*y*) übergeht, nimmt wahrscheinlich häufig grössere Kothmassen auf. Man findet diese aber auch oft tiefer unten und selbst da, wo der Mastdarm den Bauchfellsack verlassen hat, in reichlicheren Mengen angehäuft.

Bedürfniss der Kothentleerung.

§. 197. Die Peristaltik oder die Stossbewegungen des Mastdarmes führen wahrscheinlich zu dem Gefühle, welches das Bedürfniss der Kothentleerung anzeigt. Reizungen der Mastdarmschleimhaut können die lebhaftesten Täuschungen in dieser Hinsicht veranlassen. Ein Ruhrkranker glaubt jeden Augenblick zu Stuhle gehen zu müssen. Die heftigste Anstrengung lässt aber nur höchstens geringere Mengen von Schleim und Blut in vielen Versuchen hervortreten.

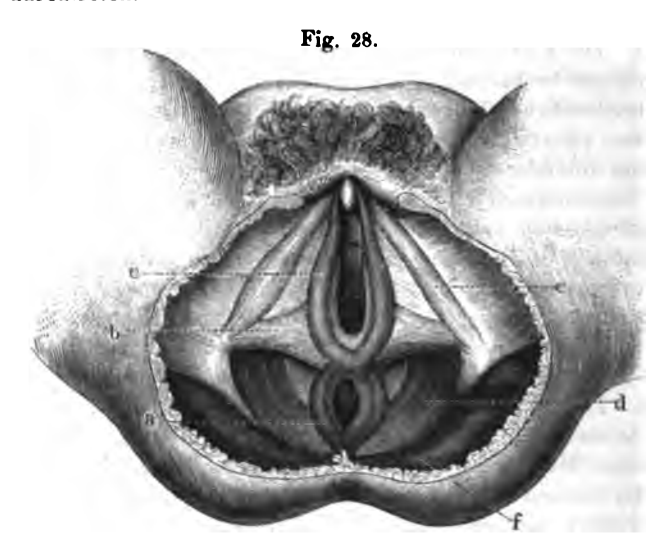
Kothentleerung.

§. 198. Die Zusammenziehungen des Mastdarmes und die Bauchpresse (§. 177) treiben gewöhnlich die Kothmassen zur Afteröffnung heraus. Ein Theil der Muskeln, die in dem Beckenausgange verborgen liegen, gewährt die nicht überflüssige Nebenhülfe. Einzelne Kothballen können aber auch durch die lebhaften Mastdarmbewegungen frisch getödteter Thiere, ohne die Mitwirkung des Zwerchfelles und der Bauchdecken entfernt werden.

Der rothe, mit quergestreiften Muskelfasern (Taf. IV. Fig. LIII. LIV.) versehene äussere Afterschliesser (*Sphincter ani externus*) (*a*, Fig. 28, aus

dem weiblichen Körper) verengt zwar schon im ruhenden Zustande die Afteröffnung. Sein Widerstand lässt sich aber durch den eingeführten Finger ohne grosse Mühe überwinden. Er giebt nach, so wie die Kothmassen durchtreten.

Fig. 28.



Der aus einfachen Muskelfasern (Taf. IV. Fig. LIX. LX. LXI.) bestehende innere Afterschliesser (*Sphincter ani internus*), den nur die stärkere Ansammlung der untersten Kreisfasern des Mastdarmes erzeugt, erschlafft ebenfalls während der Kothentleerung. Zieht er sich am Ende dieses Actes zusammen, so kann er die halbweichen Excrementmassen, die gleichsam einen Abguss der Höhle des Mastdarmes bilden, scheerenartig abschneiden oder nur die Ausgangsöffnung versperren helfen.

Der Mastdarmheber (*Levator ani*, *d*, Fig. 28) verkürzt und erweitert wahrscheinlich den untersten Theil des Mastdarmes und verhütet es zum Theil, dass die Schleimhaut, wenn sie lockerer angeheftet ist, nach aussen vorfällt. Die Einflüsse mehrerer anderen Muskeln der Nachbarschaft (*Transversi perinaei*, *b*, Fig. 28, und *Coccygeus*) sind noch nicht mit Sicherheit ermittelt worden.

Auflösung der Speisen.

§. 199. **Chemische Verdauungserscheinungen.** — Wir werden später sehen, dass feste Körper die geschlossenen Wände der Saugadern und der Blutgefässe nicht zu durchdringen pflegen. Nur flüssige Verbindungen gelangen gewöhnlich in das Innere dieser Gefässröhren. Die Bestandtheile der Speisen müssen daher aufgelöst werden, um eine weitere Verwerthung möglich zu machen. Die chemischen Verdauungserscheinungen erfüllen diese Aufgabe.

Lösung der Niederschläge der Getränke.

§. 200. Die Getränke brauchten hiernach keine besondere Verdauungsthätigkeiten in Anspruch zu nehmen. Der Nahrungsschlauch würde nur die Aufsaugungsflächen liefern, wenn nicht einige Nebenverhältnisse den Sachverhalt ändern könnten. Viele Getränke bilden Mischungen fester und flüs-

siger Körper. Andere, wie die kalkreichen Trinkwasser, erzeugen häufig Niederschläge, so wie sie sich mit einzelnen Nahrungsmitteln vermischen. Die Milch gerinnt im Magen, so dass sich der Käsestoff in fester Form abscheidet. Es müssen daher nachträgliche Auflösungsprocesse in diesen Fällen eingreifen. Manche Getränke, wie die Oele, können überdies nur unter der Beihülfe gewisser Verdauungsflüssigkeiten in den Milchsaft übertreten.

Lösung und Gährungsumsatz der Speisen.

§. 201. Man stösst auf zweierlei Hauptwirkungen in den mannigfachen Verdauungserscheinungen. Eine Reihe eigenthümlicher Absonderungen, die Wasser, organische Stoffe und Salze enthalten und die man unter der allgemeinen Benennung der Verdauungssäfte zusammenfasst, löst so viel, als bei der gegebenen Temperatur der Innentheile (37° C.) möglich ist, auf. Umsatzprocesse verwandeln überdies viele Körper, die sich an und für sich in jenen Flüssigkeiten nicht lösen, in andere lösliche Verbindungen. Einzelne früher erzeugte Stoffe gehen dabei auf dem Wege der Einsaugung davon. Es wird hierdurch deren weiterer Zersetzung vorgebeugt und eine andere Veränderung der Rückstände je nach den Verhältnissen begünstigt oder unmöglich gemacht.

Gährungsarten.

§. 202. Da die brauchbaren Nahrungsmittel dem Pflanzen- oder dem Thierreiche angehören, so lag es nahe, die Gährungs- und Fäulnisserscheinungen zu dem letzteren Zwecke auszubeuten. Wir stossen in der That auf die verschiedenartigen Verhältnisse der Zucker-, der Schleim- und der Milchsäure-, seltener der Weingeist- und der Essiggährung oder anderer saurer Gährungsarten, und auf mannigfache Stufen der Fäulnisszersetzung, für welche häufig die Chemie noch keine sicheren Paradigmen aufzustellen vermag.

Gährungserreger.

§. 203. Die Fermente oder die Gährungserreger besitzen die Fähigkeit, die Umwandlung entsprechender organischer Verbindungen einzuleiten oder zu beschleunigen und in gewissen eigenthümlichen Richtungen weiter zu führen. Die hierher gerechneten Körper bilden meistentheils Gemenge zersetzbarer Verbindungen, für welche die Chemie allgemeine Ausdrücke, wie Hefe, Diastase, Eiweissferment u. dgl. gebraucht, die sie aber nicht genau quantitativ zerlegen kann. Aehnliche Mischungen kehren auch in vielen Verdauungssäften wieder.

§. 204. Die Gährungserreger scheinen nicht nach den Gesetzen der gewöhnlichen Wahlverwandtschaft einzuwirken. Sie brauchen nur in geringen Mengen vorhanden zu sein, um grössere Massen geeigneter organischer Verbindungen zur Selbstzersetzung zu zwingen. Sie verbinden sich nicht immer chemisch mit jenen Körpern oder deren Zerlegungsproducten. Man findet wenigstens häufig den Gährungserreger, von dem ein Aequivalent möglicher Weise neu entstanden ist, später wieder. Die Veränderung selbst greift oft nicht augenblicklich, sondern erst nach einiger Zeit durch.

§. 205. Es kommt hin und wieder vor, dass die blosse Anwesenheit unorganischer Stoffe Zersetzungen herbeiführt. Die Pulver von Gold, Platin, Silber, Mangansuperoxyd oder Bleioxyd zerlegen das Wasserstoffsuperoxyd (HO_2) in Wasser (HO) und Sauerstoff (O), ohne dass dieser zu ihnen übertritt. Die feine Zertheilung begünstigt die Erscheinung. Der

Zusatz von etwas Schwefelsäure dagegen unterdrückt sie für so lange, als diese mit keiner Base neutralisirt worden. Gold-, Platin- oder Silberoxyd verlieren ihren eigenen Sauerstoff bei der Zersetzung des Wasserstoffsuperoxyds.

Katalyse.

§. 206. Man hat diese eigenthümlichen Einflüsse, die von den gewöhnlichen Verhältnissen der chemischen Wahlverwandtschaft abzuweichen scheinen, einer besonderen katalytischen Kraft zugeschrieben oder als die Folgen einer sogenannten Contactwirkung angesehen. Beide Ausdrücke entsprechen vermuthlich nicht dem wahren Sachverhalte, der sich für jetzt nicht genügend erklären, wenigstens aber ziemlich klar hypothetisch erläutern lässt.

§. 207. Die Atomengruppen, die einen chemisch bestimmten Körper bilden, können zweierlei Arten von Beziehungen zu anderen Stoffen darbieten. Sie entwickeln ihnen gegenüber gewisse Anziehungskräfte, durch welche die Atomenverhältnisse beider wesentlich verändert werden, oder sie versetzen nur die der zweiten Verbindung in andere Relationen, die neue Atomengruppirungen und Anziehungen bedingen. Das Erstere giebt die gewöhnliche chemische, das Letztere die Contactwirkung. Die gegenseitigen Beziehungen, welche die Zersetzung in dem zweiten Falle hervorruft, entscheiden es, ob die Atomengruppirung des ursprünglich einwirkenden Körpers unverändert bleibt, mit einzelnen Umsatzproducten zusammentritt und allmälig erschöpft wird, oder neue ähnliche Atomengruppirungen entstehen, so dass dann frische Contactkörper durch den Umsatzprocess selbst geschaffen werden.

§. 208. Wenn wir nun zu den einzelnen Gährungsarten, die in dem Nahrungscanale auftreten können, übergehen, so bietet die Betrachtung der stickstoffhaltigen Körper viele Schwierigkeiten dar, weil die Chemie die Selbstzersetzung derselben in keinem einzigen Falle vollständig verfolgt hat. Die einfacheren Gährungserscheinungen der stickstofflosen Verbindungen lassen sich weit klarer auffassen. Es hängt aber häufig von der Willkür des Beobachters ab, von welchen Aequivalentformeln er ausgeht, um das Wesen der Umsatzprocesse bildlich darzustellen. Die Hypothese gewinnt hier häufig die Oberhand.

§. 209. Der einfachste Fall ist dadurch gegeben, dass sich ein Körper in einen anderen von den gleichen Aequivalentenverhältnissen verwandelt oder nur eine gewisse Menge von Wasseratomen zu Hülfe gezogen wird. Man hat daher hier keinen Oxydationsprocess, der den Zutritt von Sauerstoff fodert. Die Zuckergährung der Stärke und die Milchsäuregährung der Zuckerarten gehören zu dieser Reihe von Erscheinungen.

Stärkegährung.

§. 210. Die Diastase der sprossenden Pflanzentheile, z. B. der keimenden Gerste, verwandelt die Stärke ($C_{12}H_{10}O_{10}$) in einen gummiähnlichen Körper, den man seiner später zu erläuternden optischen Eigenschaften wegen Dextrin ($C_{12}H_{10}O_{10}$) nennt und der nachher in unkrystallisirten Stärkezucker, Fruchtzucker, Glucose ($C_{12}H_{12}O_{12}$) oder in krystallisirten Traubenzucker ($C_{12}H_{12}O_{12} + 2HO$) übergeht. Man kann die gleiche Veränderung künstlich erzeugen, wenn man die Stärke mit verdünnter Schwefelsäure kocht. Der Stärkezucker enthält aber nur 2 Wasseratome mehr, als das Stärkemehl oder das Dextrin ($C_{12}H_{10}O_{10} + 2HO = C_{12}H_{12}O_{12}$).

§. 211. Wenn faulender Käsestoff den Milchzucker ($C_{12} H_{12} O_{12}$) in Milchsäurehydrat ($C_{12} H_{10} O_{10} . 2 HO$) verwandelt, so gestalten sich die theoretischen Verhältnisse noch einfacher. Man kann sich vorstellen, dass ein Theil der Wasseratome in Hydratwasser übergeht und eine andere Atomengruppirung auf diese Weise zu Stande kommt ($C_{12} H_{12} O_{12} = C_{12} H_{10} O_{10} . 2HO$). Der Austritt von Wasseratomen wird Stärke- oder Traubenzucker ($C_{12} H_{12} O_{12}$) zu Milchsäure umschaffen ($C_{12} H_{12} O_{12} + 2 HO = C_{12} H_{10} O_{10} . 2HO + 2HO$). Der Frucht- und der Muskelzucker ($C_{12} H_{12} O_{12}$) liefern eine noch einfachere Beziehung zur Milchsäure ($C_{12} H_{12} O_{12} = C_{12} H_{10} O_{10} . 2 HO$). Hefe, die an der Luft gestanden, führt die verschiedensten Zuckerarten in Milchsäure über.

Milchsäurebildung.

§. 212. Hält man sich nur an die angenommenen Aequivalentwerthe, so kann man sich die Weingährung der Zuckerarten als eine blosse Zerfällung in Weingeist ($C_4 H_5 O . HO$) und Kohlensäure ($C O_2$) vorstellen. Die Formel des Fruchtzuckers ($C_{12} H_{12} O_{12}$) lässt sich hiernach ohne Weiteres paradigmatisch zerlegen [$C_{12} H_{12} O_{12} = 2 (C_4 H_5 O . H O + 2 C O_2)$]. Die des Traubenzuckers ($C_{12} H_{12} O_{12} + 2 HO$) dagegen führt zu einem Unterschiede von Wasseräquivalenten [$C_{12} H_{12} O_{12} + 2 HO = 2(C_4 H_5 O . HO) + 4 C O_2 + 2 H O$].

Weingährung.

Nimmt man 75 als die Aequivalentgrösse des Kohlenstoffes und 12,5 als die des Wasserstoffes für 100 Sauerstoff an, so können 100 Gewichtstheile Fruchtzucker 51,10 Weingeist und 48,90 Kohlensäure und 100 Traubenzucker 46,46 Weingeist, 44,44 Kohlensäure und 9,10 Wasser liefern.

§. 213. Die Weingährung hängt von zarteren Bedingungen, als es hiernach scheinen dürfte, ab. Der Stärke- oder der Fruchtzucker und der Traubenzucker werden in Weingeist und Kohlensäure durch passende Fermente leicht verwandelt. Der Rohrzucker ($C_{12} H_{11} O_{11}$) dagegen muss in Fruchtzucker ($C_{12} H_{12} O_{12}$) übergeführt worden sein, ehe die Weingährung durchzugreifen vermag. Sie tritt daher hier später ein. Das Ferment der Weintrauben kann die Weingährung erst dann einleiten, wenn freier Sauerstoff vorhanden ist.

§. 214. Die Essiggährung, die eine Fortsetzung der Weingährung bildet, setzt den Zutritt von Sauerstoff voraus. Der Weingeist ($C_4 H_5 O . HO$) nimmt z. B. 2 Aequivalente Sauerstoff auf und verwandelt sich hierdurch in Acetyloxydhydrat oder Aldehyd ($C_4 H_3 O . HO$) und Wasser ($C_4 H_5 O . HO + O_2 = C_4 H_3 O . HO + 2 HO$). Der Aldehyd zieht noch 2 Aequivalente Sauerstoff an, um Acetylsäure oder Essigsäure ($C_4 H_3 O_3 . HO$) darzustellen ($C_4 H_3 O . HO + O_2 = C_4 H_3 O_3 . HO$).

Essiggährung.

§. 215. Man stösst hierbei auf ein Verhältniss, das eine grosse Rolle in vielen chemischen Veränderungen und unter Anderem in nicht wenigen katalytischen Wirkungen (§. 206) übernimmt. Lässt man wässerigen Weingeist an der Luft stehen, so verbindet er sich nicht mit dem Sauerstoff der Atmosphäre. Fällt er dagegen tropfenweise auf Platinpulver, so greift sogleich der atmosphärische Sauerstoff thätig ein. Aldehyd ($C_4 H_3 O . H O$), Acetal ($C_{12} H_{14} O_4$) und Essigsäure ($C_4 H_3 O_3 . HO$) erzeugen sich auf diese Weise. Das Platin bewirkt daher, dass der sonst nicht erregte Sauerstoff (O) in erregten ($\overset{\circ}{O}$), wie ihn Schönbein[6]) nennt, verwandelt wird, d. h. dass er oxydirende Kräfte, die ihm früher mangelten, gewinnt. Manche

Erregter und nicht erregter Sauerstoff.

Verbindungen enthalten nach jenem Forscher beide Arten von Sauerstoff neben einander, z. B. die Untersalpetersäure (NO_4) 2 Aequivalente erregten und 2 Aeq. unerregten Sauerstoffes ($NO_4 = NO_2 + \overset{\circ}{O}_2$). Viele Flüssigkeiten, wie Weingeist, Aether, eine Lösung von Weinsäure, Leinöl und besonders Citronenöl und Terpentinöl, Quecksilber, die Pulver des Goldes, des Platins oder des Silbers, organische Verbindungen, wie Kleister, Kartoffelschalen, können den Sauerstoff in den Zustand der Erregtheit versetzen. Wenn nun der Weingeist nicht bloss durch Platinpulver, sondern auch durch faulende Eiweisskörper in Essigsäure verwandelt wird, so liegt die Vermuthung nahe, dass hier die sogenannte katalytische Wirkung in der Erregung des Sauerstoffes begründet ist.

Bildung von Buttersäure.

§. 216. Die Gährung der Kohlenhydrate kann auch zur Bildung von Buttersäure ($C_8H_7O_3 . HO$) führen. Die Milchsäure ($C_{12}H_{10}O_{10} . 2HO$) scheint hierbei eine nothwendige Mittelstufe zu bilden. Die Stärke oder der Zucker müssen daher erst in sie verwandelt werden, ehe der immer nur langsam erfolgende Umsatz in Buttersäure zu Stande kommt. Lässt man Käse in einer wässerigen Lösung von Stärkezucker, der kohlensaurer Kalk oder Kreide zugesetzt worden, Wochenlang faulen, so bekommt man zuerst milchsaure und später buttersaure nebst kohlensaurer Kalkerde. Kohlensäure und Wasserstoff werden bei der Bildung der Buttersäure frei ($C_{12}H_{10}O_{10} . 2HO + 2 CaO = C_8H_7O_3 . HO . CaO + CO_2 . CaO + 3CO_2 + H_4$).

Erzeugung von Fettsäuren.

§. 217. Wenn die Fette ranzig werden, so nehmen ihre Säuren den Sauerstoff der Luft, vorzüglich unter dem erregenden Einflusse faulender Nebenmassen auf. Es entstehen hierdurch häufig andere Fettsäuren und zwar nach Reihenfolgen, wie sie die §. 107 mitgetheilte Tabelle in umgekehrter Ordnung anzeigt. Baldriansäure ($C_{10}H_9O_3 . HO$) begleitet häufig die Gährung des **Leucins** ($C_{12}H_{13}NO_4$) und derjenigen Eiweisskörper, deren Fäulniss Leucin erzeugt, z. B. des Käse.

Bildung von Bernsteinsäure.

§. 218. Die Bernsteinsäure ($C_8H_4O_6 . 2HO$) tritt als Gährungsproduct der verschiedensten Körper, der Aepfelsäure ($C_8H_4O_8 . 2HO$), einzelner Fettsäuren, wie der Buttersäure ($C_8H_7O_3 . HO$), der Margarin- oder der Stearinsäure ($C_{36}H_{35}O_3$) und anderer organischer Stoffe (§. 111) auf. Man findet sie, nach **Schmidt**, in allen gegohrenen Flüssigkeiten. Man hat hieraus die noch so räthselhafte schleimigte Gährung des Zuckers zu erklären gesucht. Wenn nämlich der Saft der Möhren oder der Runkelrüben bei 25 bis 30° C. gährt, so erzeugt sich wenig oder gar kein Weingeist. Man erhält vielmehr dann Milchsäure ($C_{12}H_{10}O_{10} . 2HO$), eine zweite, nach dem Schema der Kohlenhydrate zusammengesetzte Zuckerart, den Mannit ($C_{12}H_{14}O_{12}$) und einen Körper, dessen Aequivalentformel mit der des arabischen Gummi ($C_{12}H_{10}O_{10}$) übereinstimmt. Da nun der Mannit 2 Aequivalente Wasserstoff zu viel hat, so sollte sich dieses durch die Bildung von Bernsteinsäure ausgleichen.

[illegible]

§. 219. Die Gährung und die Fäulniss der stickstoffhaltigen Verbindungen erzeugt häufig Körper, die man auch durch höhere Wärmegrade oder kräftigere Reagentien, wie Säuren oder Alkalien, künstlich bilden kann. Die Verdauungswirkungen des Magens und des Gewebes überhaupt bedingen [illegible] Zersetzungen. Stickstoffhaltige Körper, deren Zer-

setzung einfachen Schemen folgt, wie der Harnstoff ($C_2 H_4 N_2 O_2$), die Harnsäure ($C_{10} H_2 N_4 O_4 . 2HO$), die Hippursäure ($C_{18} H_8 NO_5 . HO$), des Kreatin ($C_8 H_9 N_3 O_4 + 2 HO$), werden zwar hin und wieder mit den Speisen und Getränken eingeführt. Sie gehören aber nicht zu den Ernährungsstoffen, weil sie die Gewebe nicht erhalten können. Die meisten der wahren Nahrungsmittel liefern so verwickelte Umsatzproducte, dass eine vollständige Analyse derselben noch nicht möglich geworden.

Umsatz von Harnstoff, Hippursäure und Galle.

§. 220. Die Selbstzersetzung, die Einwirkung des Wassers bei 140° C., Mineralsäuren oder kaustische Alkalien können den Harnstoff ($C_2 H_4 N_2 O_2$) unter dem Zutritt von Wasseratomen in kohlensaures Ammoniak verwandeln [$C_2 H_4 N_2 O_2 + 4 HO = 2 (NH_3 . HO) CO_2$]. Die Hippursäure ($C_{18} H_8 NO_5 . HO$) erzeugt Benzoësäure ($C_{14} H_5 O_3 . HO$) und Glycocoll ($C_4 H_4 NO_3 . HO$) oder andere Umsatzproducte des letzteren unter ähnlichen Einflüssen ($C_{18} H_8 NO_5 . HO + 2 HO = C_{14} H_5 O_3 . HO + C_4 H_4 NO_3 . HO$). Die Cholsäure ($C_{52} H_{42} NO_{11}$) liefert z. B. bei dem Kochen mit einer Lösung von Barythydrat Cholalsäure ($C_{48} H_{40} O_{10}$) und Glycocoll ($C_4 H_4 NO_3 . HO$) und jene Dyslysin ($C_{48} H_{36} O_6 . 2 HO$) bei fortgesetztem Kochen. Die mit Alkalien behandelte Choleinsäure ($C_{52} H_{45} NO_{14} S_2$) giebt Cholalsäure und Taurin ($C_4 H_7 NO_6 S_2$). Die Fäulniss der Galle liefert Choloidinsäure ($C_{48} H_{36} O_6 . 3 HO$), Taurin ($C_4 H_7 NO_6 S_2$) und Ammoniak. Die Gährung kann Kreatin ($C_8 H_9 N_3 O_4$) in Kreatinin ($C_8 H_7 N_3 O_2$) verwandeln.

Fäulniss von Faserstoff und Käsestoff.

§. 221. Der faulende geronnene Faserstoff erzeugt Kohlensäure (CO_2), Schwefelammonium ($NH_3 . HS$), Buttersäure ($C_8 H_7 O_3 . HO$), Leucin ($C_{12} H_{13} NO_4$) und Tyrosin ($C_{18} H_{11} NO_6$). Der fettfreie Käsestoff bildet zuerst kohlensaures Ammoniak [$(NH_3 . HO) CO_2$] und Schwefelammonium ($NH_3 . HS$) und später Ammoniak (NH_3), Baldriansäure ($C_{10} H_9 O_3 . HO$), Buttersäure ($C_8 H_7 O_3 . HO$), Leucin ($C_{12} H_{13} NO_6$), einen nach Koth riechenden Körper und eine Säure, die sich in Ammoniak (NH_3), Tyrosin ($C_{18} H_{11} NO_6$) und einen braunen Körper durch starke Mineralsäuren zerlegen lässt.

§. 222. Die mannigfachen Zersetzungen, welche auf diese Weise zum Vorschein kommen, können kettengliederartig fortschreiten. Es erzeugt sich z. B. Leucin ($C_{12} H_{13} NO_6$) oder Tyrosin ($C_{18} H_{11} NO_6$), die selbst wieder zur Bildung von Baldriansäure ($C_{10} H_9 O_3 . HO$) oder Buttersäure ($C_8 H_7 O_3 . HO$) überführen. Die nebenbei anwesenden Gährungserreger und wahrscheinlich auch die erzeugten Zersetzungsproducte selbst gewinnen häufig einen Einfluss auf den ferneren Fortgang. Eine in Gährung begriffene Mischung von Zucker und Harnstoff zerlegt zuerst, nach Schmidt, den Zucker vollständig, ehe die Bildung des kohlensauren Ammoniaks (§. 218) beginnt.

Wirkung des Wassers der Verdauungssäfte.

§. 223. Da die Getränke und alle Verdauungssäfte verdünnte wässerige Lösungen bilden, so können sich Verbindungen, die vom Wasser bei der Temperatur des lebenden Körpers (37°,5 C.) aufgenommen werden, in entsprechenden Mengen lösen. Der Zucker, das Kochsalz schmelzen daher leicht in der Mundhöhle. Grössere Quantitäten von Glaubersalz, die man zum Abführen gebraucht, werden im Magen oder in späteren Abschnitten des Nahrungscanals vollständig verflüssigt.

Freie Säuren oder Alkalien der Verdauungssäfte.

§. 224. Der Magensaft bietet eine saure, die verschiedenen Speichelarten und die Schleimabsonderungen des Darmcanals dagegen eine alkalische Reaction dar. Die kohlensaure Kalkerde kann auf diese Weise im Magen in eine andere, im Wasser lösliche Verbindung übergeführt werden. Die alkalische Beschaffenheit wird entsprechende Mengen von Säuren neutralisiren und zur leichteren Aufnahme einzelner organischer Stoffe, wie z. B. unlöslicher Eiweisskörper, ihren verhältnissmässigen Beitrag liefern. Das Kochsalz und die phosphorsauren Alkalien, die in verschiedenen Verdauungssäften vorkommen, begünstigen, wie wir sehen werden, die Aufnahme vieler Verbindungen, wie der phosphorsauren Kalkerde und mancher organischen Stoffe.

Mundflüssigkeiten.

§. 225. Die Mundflüssigkeiten (Taf. II. Fig. XXXI), die wir als sogenannten Speichel entleeren und mit den verkleinerten Speisen bei dem Käuen verkneten, bestehen aus wechselnden Mischungen der verschiedenartigsten Absonderungen. Die Mundschleimhaut selbst lässt an und für sich gewisse Lösungen an ihrer Oberfläche frei austreten. Die mannigfachen Absonderungswerkzeuge, die man als Lippen-, Wangen-, Zahnfleisch-, Zungen- und Gaumendrüsen aufführt, fügen ihre Erzeugnisse hinzu. Dieses zusammen bildet den sogenannten Mundschleim. Man hat überdies die drei paarigen grösseren Speicheldrüsen, die Ohrspeicheldrüse (*Parotis*), die Unterkieferdrüse (*Glandula submaxillaris*) und die Unterzungendrüse (*Glandula sublingualis*), die ihre Absonderungsproducte in die Mundhöhle ergiessen. Die Zungenspitzendrüse vervollständigt endlich die grosse Zahl von Apparaten, welche die Mischung der Mundflüssigkeiten bereiten helfen.

Vermehrung der Mundflüssigkeiten.

§. 226. Erregungen, welche die Nerven der Speicheldrüsen, die Mund- oder die Rachenschleimhaut treffen, vergrössern die Menge der in einer bestimmten Zeiteinheit hervortretenden Mundflüssigkeiten. Das Kauen begünstigt den Austritt der Absonderung der Ohrspeicheldrüsen. Man kann die Flüssigkeitsmenge der Mundhöhle beträchtlich zunehmen lassen, wenn man Essigsäure in diese giesst oder reizende Substanzen, wie Pfeffer, kaut. Die reichliche Speichelabsonderung der Tabackraucher, die Vermehrung der Mundflüssigkeiten durch das Kitzeln des weichen Gaumens, das Sprechen und Singen, den Geruch oder die Erinnerung an angenehme Speisen lässt sich aus den oben erwähnten Grundbedingungen erklären.

§. 227. Wenn man feste Nahrungsmittel in die Magenfistel eines Hundes einbringt, so vermehrt sich hierdurch die Menge der Mundflüssigkeiten nach den von Frerichs angestellten Beobachtungen. Reines Kochsalz führt noch stärkere Erfolge herbei. Es ist bis jetzt nicht bekannt, ob und welchen Einfluss die gleichzeitigen Schlingbewegungen ausüben.

Reaction der Mundflüssigkeiten.

§. 228. Die Mundflüssigkeiten reagiren neutral oder schwach alkalisch ausserhalb und stärker alkalisch während der Essenszeit. Eine saure Beschaffenheit scheint nur unter krankhaften Verhältnissen vorzukommen. Hunde, denen man die Ausführungsgänge der in ihnen vorhandenen Speicheldrüsen, der Parotiden und der Unterkieferdrüsen unterbunden hat, liefern, nach Bidder und Schmidt [7]), eine geringe Menge von Mundflüssig-

keit, welche eine stark alkalische Reaction besitzt. Die beträchtlichere Alkalescenz während des Kauens rührt daher nicht ausschliesslich davon her, dass mehr alkalischer Speichel zufliesst.

Bestandtheile der Mundflüssigkeiten.

§. 229. Die von ihren mechanischen Gemengtheilen befreiten Mundflüssigkeiten enthalten immer mehr als 98 oder 99% Wasser. Ich selbst fand z. B. 0,77% festen Rückstandes für meinen Speichel. Frerichs bekam 0,51% bis 1,05% in 18 Analysen. Das Mittel derselben betrug 0,71%. Die einzelnen Absonderungen der verschiedenen Speicheldrüsen und der Mundschleim führen eben so beträchtliche Wassermengen.

§. 230. Es ist noch nicht gelungen, die organischen Verbindungen, welche in den Mundflüssigkeiten vorkommen, genau zu bestimmen. Der sogenannte Speichelstoff oder das Ptyalin ist wahrscheinlich ein Gemenge verschiedener Substanzen, unter denen sich ein Natronalbuminat zu befinden scheint. Eine geringe Menge Rhodan- oder Schwefelcyankalium ($K . C_2 NS_2$) ($^1/_{100}$ %) lässt sich wenigstens in den meisten Mundflüssigkeiten gesunder Menschen nachweisen. Die rothe Färbung, welche deshalb nach einem Zusatze von neutraler Eisenchloridlösung ($Fe_2 Cl_3$) entsteht, soll, nach Kletzinsky, nach der Mahlzeit und dem Genusse von Salz, Kaffee, Pfeffer, Senf, Knoblauch, Rettig zu- und nach dem von Weingeist abnehmen. Da das Rhodankalium an und für sich nicht giftig ist, so können die kleinen Mengen, die im Speichel enthalten sind, um so weniger befremden. Die Asche der Mundflüssigkeiten führt Chlorverbindungen des Kali und des Natron und phosphorsaure Kalk- und Talkerde.

Gemengtheile der Mundflüssigkeiten.

§. 231. Die mechanischen Gemengtheile der Mundflüssigkeiten bestehen aus losgestossenen Epitheliablättchen (Taf. II. Fig. XXXI. *a. b*), den sogenannten Speichelkörperchen (*c. d*) und einzelnen Schleimflocken, welche häufig Luftbläschen mechanisch binden. Da die Speichelkörperchen auch bei dem Ausschlusse der Absonderungsproducte der Speicheldrüsen vorkommen, so ergiebt sich die Unrichtigkeit der Benennung ohne Weiteres.

Wirkung der Mundflüssigkeiten.

§. 232. Die schleimigte Beschaffenheit der Mundflüssigkeiten macht den Bissen schlüpfriger, so dass er später leichter fortgleitet. Die Gesammtmischung wirkt überdies als eine schwach alkalische wässerige Lösung. Das Fleisch, das zwischen den Zähnen haften bleibt, wird daher nach und nach blasser. Eigenthümliche katalytische Wirkungen auf Fette und Eiweisskörper kommen ihr nicht zu. Sie kann dagegen Stärke in Dextrin ($C_{12} H_{10} O_{10}$), in Stärke- oder Fruchtzucker ($C_{12} H_{12} O_{12}$) oder Traubenzucker ($C_{12} H_{12} O_{12} + 2 HO$) überführen. Da die Hülfsmittel, durch welche man den Zucker erkennt, von dem Physiologen und Arzte in vielen Fällen benutzt werden, so wollen wir auf die Verhältnisse derselben ausführlicher eingehen.

Polarisationsapparate.

§. 233. Die Polarisationsapparate können es anzeigen, ob eine Flüssigkeit Dextrin, einzelne Zuckerarten oder Eiweiss enthält. Es ist sogar möglich, dass man die Mengen eines der genannten Körper auf diesem Wege genauer, als durch die chemische Analyse findet.

Schwingungen des Aethers.

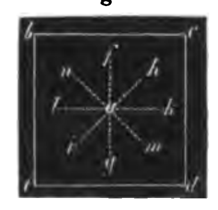
§. 234. Die gegenwärtige Optik setzt voraus, dass eine eigene elastische Flüssigkeit, der Aether, den Weltraum und alle in ihm befindlichen Körper durchdringt. Die Unruhe der Aethermolecüle erzeugt das, was wir Licht nennen, und die Ruhe Finsterniss. Sie schwingen in dem ersteren Falle transversal, d. h. die Ebene, in der sich ein Aethermolecül hin und her bewegt, steht senkrecht auf der Richtung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Bewegung oder des Lichtstrahles. Fig. 29 ist daher die Projection der **Schwingungsebene**, wenn *ac* die des Lichtstrahles bildet.

Fig. 29.

Polarisirtes Licht.

§. 235. Wenn *bcda*, Fig. 30, die Lage dieser Querebene bezeichnet, so können zunächst die Aethermolecüle, die zu einem Lichtstrahle gehören, in den verschiedensten Azimuthen *fg*, *hi*, *kl*, *mn*, mithin nicht parallel hin und her schwingen. Man hat diesen Fall in dem **gewöhnlichen Lichte**. Es kommt aber auch vor, dass alle in einer Ebene, deren Projection z. B. *fg* ist, unter einander parallel schwingen. Dieser Fall liefert einen geradlinigt **polarisirten** Lichtstrahl. *fg* ist dann die Projection der **Schwingungsebene** und die auf ihr senkrecht stehende *kl* die der **Polarisationsebene**.

Fig. 30.

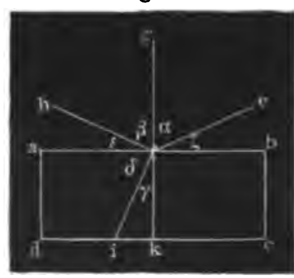


§. 236. Verschiedene Nebenverhältnisse verwandeln das gewöhnliche Licht in geradlinigt polarisirte Strahlen. Die **Reflexion** oder **Spiegelung** und die **Refraction** oder **Brechung** können zu diesem Ziele führen. Man hat daher auch katoptrische und dioptrische Polarisationsapparate.

Spiegelung u. Brechung der Lichtstrahlen.

§. 237. Wenn ein Lichtstrahl aus einem Mittel in ein zweites, das andere optische Eigenschaften besitzt, übergeht, so hängen die ferneren Schicksale desselben von der Eigenthümlichkeit der Durchgangskörper und der Neigung des Strahles ab. Gesetzt *ab*, Fig. 31, sei die ebene Grenzfläche des zweiten Mittels *abcd* und *ef* der auf *ab* fallende Lichtstrahl, so errichtet man die Senkrechte *gfk* in dem Berührungspunkte *f* oder das sogenannte **Einfallsloth**, um die Neigung zu bestimmen. Der Winkel *efg*, oder α, den der einfallende Strahl *ef* und das Einfallsloth *gf* bilden, heisst der **Einfallswinkel**.

Fig. 31.



§. 238. Gesetzt, es finde Spiegelung und Brechung zugleich Statt, so läuft ein zurückgeworfener Strahl *fh*, der eben die Spiegelung erzeugt, in das frühere Mittel zurück, während ein gebrochener *fi* in dem zweiten Mittel weiter geht. Der Winkel, den der zurückgeworfene Strahl *fh* mit dem Einfallslothe *gf* bildet, *hfg* oder β, heisst der **Reflexions-** und der, welcher durch den gebrochenen Strahl *fi* und die Verlängerung des Einfallslothes *fk* bestimmt wird, *ifk* oder γ, der **Refractions-** oder **Brechungswinkel**.

§. 239. Der Reflexionswinkel β ist eben so gross als der Einfallswinkel α. Der zurückgeworfene Strahl hf liegt in der gleichen durch hf und gf oder gf und ef bestimmten Ebene, wie der einfallende ef. Wenn die beiden Mittel ungleiche optische Eigenschaften darbieten, so befinden sich zwar wieder der einfallende und der einfach gebrochene Strahl, ef und fi, in der gleichen Ebene, der Brechungswinkel γ ist aber kleiner oder grösser, als der Einfallswinkel α. Die gegenseitige optische Relation der beiden Mittel liefert eine constante Grösse n, die man mit dem Namen des relativen Brechungsexponenten, Ablenkungscoëfficienten oder Refractionsindex bezeichnet. Dividirt man den Sinus des Einfallswinkels α durch den Sinus des Brechungswinkels γ, so erhält man immer jenen beständigen Werth. Man hat daher $\frac{\sin.\ \alpha}{\sin.\ \gamma} = n$ bei jeder beliebigen Grösse von α. n ist grösser als 1, wenn das zweite Mittel stärker, als das erste bricht, und unter 1, wenn das Umgekehrte der Fall ist.

§. 240. Der höchste Werth, den der Brechungswinkel γ erreichen kann, beträgt natürlich 90°. Sein Sinus wird dann $= 1$ und man hätte für diesen Fall, theoretisch genommen, $\sin.\ \alpha = n$. Da man früher glaubte, dass dieses die Grenze bildet, bei der alles Licht in das erste Mittel zurückkehrt, so sprach man von einer gänzlichen Zurückwerfung oder einer totalen Reflexion. Ist nun n kleiner als die Einheit oder als Sinus 90°, so hat α einen Werth, der zwischen 0° und 90° liegt. Die Grenze der gänzlichen Zurückwerfung wird aber erst bei 90° eintreten, wenn n grösser als 1 ausfällt, weil der rechte Winkel das mögliche Maximum des Brechungswinkels bildet und jener ursprünglichen Gleichung gar nicht Genüge geleistet werden kann. Die Menge des zurückgeworfenen Lichtes ist dann verhältnissmässig am grössten. Sie fällt umgekehrt bei einem Einfallswinkel von 0°, oder wenn der Strahl in dem Einfallslothe fg dahingeht, am kleinsten aus.

Totale Reflexion.

§. 241. Die gegenseitige Neigung des zurückgeworfenen und des gebrochenen Strahles, fh und fi oder $\delta + \varepsilon$, Fig. 32, wechselt natürlich mit der Verschiedenheit des Einfallswinkels α und des Brechungscoëfficienten n. Es kann aber der Fall vorkommen, dass beide Strahlen einen rechten Winkel hfi bilden. Man hat dann $\delta + \varepsilon = \beta + \varepsilon = \delta + \gamma = 90°$ oder $\delta = \alpha$ und $\sin.\ \gamma = \cos.\ \alpha$. Man kann daher die §. 239 erwähnte Gleichung unter die Form $tg.\alpha = n$ bringen. Der Winkel ζ, der den Einfallswinkel α zu 90° ergänzt, heisst der Polarisationswinkel der Substanz, für welche der Brechungscoëfficient n beträgt. Seine Cotangente gleicht dem Ablenkungscoëfficienten. Da aber dieser mit der Mannigfaltigkeit der Farben wechselt, so wird das weisse Licht, in dem alle Farbenstrahlen vermengt sind, keine einfachen Verhälltnisse in dieser Beziehung darbieten.

Polarisationswinkel.

§. 242. Gesetzt man hätte eine Glastafel, deren Brechungscoëfficient 1,5 beträgt, wenn der einfarbige Lichtstrahl aus der Luft übertritt, so wird ein Einfallswinkel von 45° einem Brechungswinkel von 28° 8′ entsprechen. Geht der Strahl umgekehrt aus dem Glase in die Luft, so gleicht der Brechungsindex $\frac{1}{1,5} = 0,6667$. Die Grenze der gänzlichen Zurückwerfung

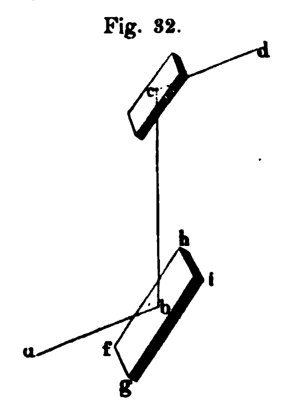
liegt daher bei einem Einfallswinkel von 41° 48'. Der Polarisationswinkel hat 33° 42' und der zu ihm gehörende Einfallswinkel 56° 18'.

Polarisation durch Spiegelung.

§. 243. Wenn ein einfarbiger Strahl *ef* unter einem Winkel ζ, der dem Polarisationswinkel entspricht, die Fläche *ab* eines durchsichtigen Körpers berührt, so ist der reflectirte Strahl *fh* so polarisirt, dass die Polarisationsebene mit der Einfallsebene *efg* zusammenfällt und daher seine Schwingungsebene auf ihr senkrecht steht (§. 235). Der gebrochene Strahl *fi* ist theilweise polarisirt. Die Polarisationsebene steht senkrecht auf der des zurückgeworfenen Strahles. Seine Aethertheilchen schwingen in der Ebene der Zeichnung, Fig. 32, und parallel der Richtung des reflectirten Strahles. Wird nun der gebrochene Strahl durch eine Reihe von Glasplatten geleitet, so müssen die noch übrigen Mengen des gewöhnlichen Lichtes allmälig polarisirt werden. Das gesammte Licht ist dann in zwei Strahlenmassen geschieden. Die eine, deren Polarisationsebene mit der Einfallsebene zusammenfällt, wird zurückgeworfen, und die andere, die senkrecht zur vorigen polarisirt erscheint, gebrochen. Man kann auf diese Weise das gewöhnliche Licht in zwei senkrecht auf einander polarisirte Lichtstrahlen zerfällen. Jenes lässt sich auch wieder aus diesen herstellen.

§. 244. Nehmen wir an, der einfarbige Strahl *ab*, Fig. 32, treffe die an ihrer Rückseite geschwärzte Glastafel *fghi* unter dem Polarisationswinkel, werde in *bc* zurückgeworfen, und stosse dann auf eine parallele ebenfalls geschwärzte Tafel, so wird er diese wieder unter dem Polarisationswinkel treffen. *bc* wird in der Ebene *abc* und *cd* in der Ebene *bcd* polarisirt sein. Sind die beiden spiegelnden Platten so gestellt, dass die zwei Reflexionsebenen *abc* und *bcd* in einer Ebene (der des Papieres) zusammenfallen, so wird der polarisirte Strahl *bc* seine auf ihn senkrechten Schwingungen in *cd* fortsetzen. Dreht man dagegen die obere Glasplatte um *bc* als Achse herum, so würde die Polarisationsebene von *bc* auf die Schwingungsebene eines Strahles, der nach dieser Seite ausgehen sollte, stossen. Es kann daher hier kein oberer zurückgeworfener Strahl gesehen werden. Hat die Drehung weniger als 90° betragen, so lässt sich die schiefe Richtung nach dem Parallelogramm der Kräfte zerlegen. Die eine componirende Ebene liegt in der Reflexionsebene *abc* und die andere ist zu ihr senkrecht gestellt. Es wird daher eine entsprechende grössere oder geringere Helligkeit zum Vorschein kommen, je nachdem die Entfernung von der gemeinschaftlichen Ebene *abcd* kleiner oder grösser ausgefallen.

Fig. 32.



Spiegelnde Polarisationsinstrumente.

§. 245. Dieses erklärt die Wirkung der polarisirenden Spiegelungsinstrumente, z. B. des Biot'schen oder des Noerrenberg'schen Polarisationsapparates, dessen man sich früher zur Erkenntniss des Dextrins und des Zuckers häufig bedient hat. Derjenige Spiegel, welcher den reflectirten und polarisirten Strahl empfängt, kann um eine Kreisein-

theilung gedreht werden. 0° und 180° bezeichnen die Stellen, bei welchen die Polarisationsebenen zusammenfallen. Sie geben daher ein helles Reflexionsbild, während 90 und 270 dunkel liefern. Man hat diese einfacheren Vorrichtungen für die uns hier interessirenden Bestimmungen mit Recht verlassen und höchstens einen Spiegelungsapparat mit einem dioptrischen, wie wir sogleich sehen werden, combinirt, um zum Ziele zu gelangen.

Dioptrische Polarisation.

§. 246. Die dioptrischen Polarisationsapparate benutzen die Doppelbrechung des Kalkspathes in mannigfacher Weise. Der Aether, der die verschiedenen wägbaren Körper durchdringt, besitzt nicht nur eine grössere Dichtigkeit, sondern auch häufig verschiedene Elasticitätsgrössen in verschiedenen Richtungen. Man kann sich diese Verhältnisse in Fig. 33 bildlich klar machen. *ab*, *cd* und *ef* sind die drei körperlichen, auf einander senkrechten Hauptdimensionen. Ihre Längen können die Elasticitätsgrössen in jenen drei Hauptrichtungen ausdrücken. Wenn alle drei Linien die gleiche Grösse haben, mithin die Wellenfläche nach allen Seiten hin kugelig ist, so erhalten wir einen einfach brechenden Körper, wie z. B. die Luft, das Wasser, das Glas. Sind dagegen nur zwei, *ab* und *cd*, unter sich gleich und von der dritten *de* verschieden, so bekommen wir einen einachsigen doppelt brechenden Körper. Hierher gehören z. B. der Kalkspath, der Turmalin, das Eis. Die zweiachsig doppelt brechenden Massen dagegen, wie der Gips, der gewöhnliche Glimmer, der Salpeter, der Arragonit und der Zucker, haben drei ungleiche Elasticitätsachsen. Ellipsoidische Wellenflächen treten in den beiden letzteren Fällen neben oder statt der kugeligen auf.


Fig. 33.



Polarisation durch Doppelbrechung.

§. 247. Ein Lichtstrahl, der in einen doppelt brechenden Körper dringt, sondert sich hierbei in zwei Strahlen. Beide sind auf einander rechtwinkelig, oder, wie man sich auch, nicht ganz passend, ausdrückt, entgegengesetzt polarisirt. Die Polarisationsebene des einen, den man den gewöhnlichen, den ordentlichen, oder den ordinären Strahl nennt, fällt mit der sogenannten Hauptschnittsebene des Krystalls, d. h. mit einer durch die krystallographische Hauptachse oder die optische Achse gelegten oder ihn parallelen Ebene zusammen. Die des anderen, des ungewöhnlichen, ausserordentlichen oder extraordinären dagegen steht auf jener Hauptebene senkrecht. Da nun die Elasticitätsachsen in diesen verschiedenen Richtungen ungleich sind und die Endpunkte derselben von den Erschütterungen in den gleichen Zeiten nicht erreicht werden, so müssen die beiden verschieden polarisirten Strahlen ungleiche Geschwindigkeiten darbieten. Nun entspricht eine grössere Schnelligkeit einem kleineren Ablenkungsindex und umgekehrt. Die beiden Strahlen werden daher auch ungleiche Brechungscoëfficienten besitzen. Der des gewöhnlichen Strahles ist constant, der des ungewöhnlichen dagegen variabel. Dieser gehorcht daher nicht dem §. 289 angeführten Brechungsgesetze, während jener ihm bei allen Neigungen des einfallenden Strahles entspricht.

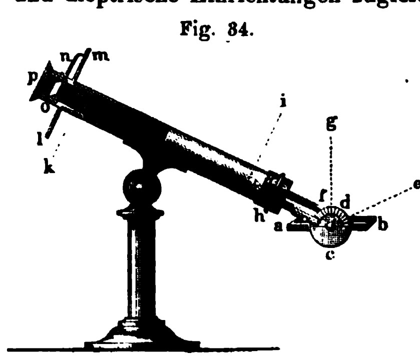
§. 248. Nehmen wir den Kalkspath, den wir hier vor Allem im Auge behalten müssen, zum Beispiel. Sein gewöhnlicher Strahl hat einen Brechungscoëfficienten von 1,654. Der des ungewöhnlichen dagegen schwankt

zwischen 1,654 und 1,483. Das Minimum zeigt sich, wenn die Polarisationsebene des ausserordentlichen Strahles die Hauptebene senkrecht schneidet, und das Maximum, wenn sie mit ihr zusammenfällt. Man hat die grösste Entfernung der beiden Bilder in dem ersteren und eine Coincidenz derselben oder gar keine doppelte Brechung in dem letzteren Falle. Man kann daher die Stellungen eines Kalkspathrhomboëders in der Art wechseln lassen, dass nur ein Bild oder zwei verschieden entfernte Bilder zum Vorschein kommen.

Spiegelnde Polarisationsapparate.

§. 249. Da die verschiedenen Farben ungleiche Brechungscoëfficienten besitzen, so liefert auch ein Strahl weissen Lichtes, den man durch einen doppelt brechenden Körper gehen lässt, farbige Bilder. Man sucht diesen Uebelstand durch den Gebrauch von achromatischen doppelt brechenden Prismen zu vermeiden. Ein Glasprisma, dessen Farbenzerstreuung möglichst entgegengesetzt ist, wird an den Kalkspathprisma, dessen Kanten auf dem Hauptabschnitte senkrecht stehen, befestigt. Das eine soll daher die Farben des anderen möglichst auslöschen. Ein solches Prisma findet sich häufig an denjenigen Polarisationsapparaten, in welchen katoptrische und dioptrische Einrichtungen zugleich zu Hülfe gezogen werden. Fig. 34 zeigt uns ein solches Instrument, zur Hälfte körperlich und halb im senkrechten Längendurchschnitt. *a b* ist ein um eine horizontale Achse drehbarer und hinten geschwärzter Spiegel, dessen Hülsenstück an der bei *h* befindlichen Eintheilung befestigt und der selbst unter dem Polarisationswinkel an der Gradscheibe *cf* eingestellt wird. Die Polarisationsebene des zurückgeworfenen Strahles steht dann senkrecht. Man hat ein achromatisches doppelt brechendes Prisma in *o*. Seine mit der Durchsichtsöffnung *p* versehene Fassung kann mit dem Zeiger *n* an einer Kreistheilung *lm* gedreht werden. 0° und 180° liegen da, wo die Ebene des Hauptschnittes des Prisma senkrecht steht. Da aber diese mit der Polarisationsebene *gfda* des zurückgeworfenen Strahles zusammenfällt, so kommt nur ein Bild und zwar das der gewöhnlichen Brechung entsprechende zum Vorschein (§. 247).

Fig. 34.



Circularpolarisation.

§. 250. Hat man die Vorrichtung auf die zuletzt erwähnte Weise eingestellt, so kann man beurtheilen, ob ein Körper circularpolarisirende Eigenschaften besitzt oder nicht. Wenn man eine in einer Metallhülse steckende Glasröhre *ik*, die oben und unten mit ebenen Glasplatten geschlossen ist, mit Wasser, Weingeist oder Aether vollständig füllt und in den Messingcylinder des Instrumentes in der Bahn des zurückgeworfenen Strahles einschiebt, so nimmt man keine merkliche Veränderung wahr. Vertauscht man dagegen jene Flüssigkeiten mit dem Syrup von Dextrin, so sieht man durch das Doppelspathprisma zwei Bilder, wenn auch der Zeiger auf 0° steht. Man muss es um eine bestimmte Winkelgrösse nach rechts drehen, damit das ausserordentliche Bild ein Minimum seiner Intensität bei

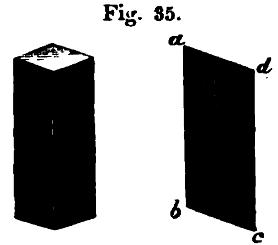
dem Gebrauche einfarbigen Lichtes erreicht. Weisses Licht liefert zwei Bilder, die ergänzend oder complementär gefärbt sind. Man wählt daher eine sogenannte sensible oder Uebergangsfarbe, d. h. ein Violett des ausserordentlichen Bildes, dessen Färbung bei der geringsten Drehung in Roth umschlägt, für die Bestimmung des Nullpunktes und der Wirkung der eingeschobenen Flüssigkeit.

Diese Kreispolarisation, die dem Quarze, vielen Flüssigkeiten und manchen Dämpfen eigen ist, besteht zunächst darin, dass die Polarisationsebene um eine gewisse Winkelgrösse gedreht wird. Man kann sich aber auch die hier in Betracht kommenden Verhältnisse erklären, wenn man sich eine Zerlegung in zwei wechselseitig senkrechte Polarisationen denkt, deren Lagen von dem Drehungswinkel abhängen. Ihre Aethertheilchen schwingen kreisförmig. Die Fortpflanzungsgeschwindigkeiten sind ungleich und entgegengesetzt gerichtet. Wenn der rechts rotirende Strahl dem linken vorauseilt, hat man eine nach rechts gehende Kreispolarisation und umgekehrt.

Nicol'sche Prismen.

§. 251. Die rein dioptrischen Polarisationsapparate, die man den §. 249 erwähnten gemischten mit Recht vorzieht, enthalten zusammengekittete Doppelspathrhomboëder oder sogenannte Nicol'sche Prismen (Fig. 35). Man schleift die zur Hauptebene senkrechten Ebenen so lange ab, bis ab und cd einen Winkel von 68⁰ mit den natürlichen Kanten bilden, schneidet das Ganze in bd rechtwinklig gegen bc durch und kittet es mit Canadabalsam zusammen. Dieser letztere hat einen Brechungscoëfficienten von 1,54. Wenn nun der ordentliche Strahl aus dem Kalkspath bcd in den Canadabalsam bd übergeht, so wird er aus einem stärker in ein schwächer ablenkendes Mittel gelangen, während dieses für den ausserordentlichen nur bedingungsweise der Fall ist (§. 248). Es kann daher der ordentliche Strahl um so eher gänzlich zurückgeworfen (§. 240) oder wenigstens so abgelenkt werden, dass man ihn nicht bemerkt, wenn man von ad aus senkrecht herabsieht. Das Nicol'sche Prisma zeichnet sich in der That dadurch aus, dass der ordentliche Strahl nach den geschwärzten Seitenwänden zurückgeworfen wird, während nur der ausserordentliche zur oberen Fläche heraustritt. Es bildet also eine Vorrichtung, durch welche man polarisirtes Licht aus einfachem auf dem Wege der Doppelbrechung, aber ohne Doppelbild erhalten kann.

Fig. 35.



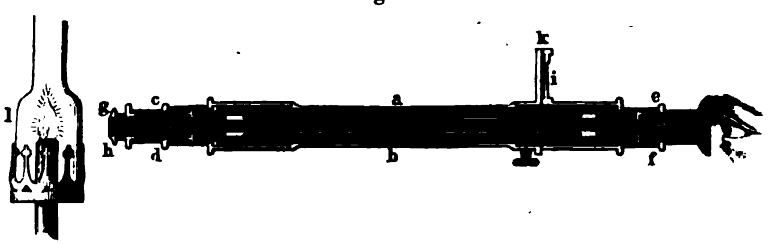
Dioptrische Polarisationsapparate.

§. 252. Dieses vorausgesetzt, wollen wir nur die einfachste Form der dioptrischen Polarisationsapparate, wie man sie auch zu physiologischen Zwecken gebraucht, betrachten. Fig. 36 (a. f. S.) giebt uns einen senkrechten Längendurchschnitt. Eine Röhre oder ein anderes passendes Zwischenstück ab führt ein Nicol cd, das eine fixe Stellung hat, an dem einen und ein zweites Nicol ef, das um die Längenachse gedreht werden kann, am anderen Ende. Die rothe Glasplatte gh ist am Schlusse eingeschaltet. Ein Zeiger i, der an einem Kreisbogen k spielt, giebt von der Grösse der Drehung von ef Rechenschaft.

Der Lichtstrahl der Sonne oder einer Lampe l, der das rothe Glas gh

und das erste Nicol *cd* durchsetzt, kommt einfach, aber polarisirt heraus. Da er dem ausserordentlichen Bilde entspricht, so steht seine Polarisations-


Fig. 36.



ebene auf der Hauptebene senkrecht. Er wird aber nur dann durch das obere Nicol *ef* ungehindert durchschwingen, wenn dieses dem unteren parallel gestellt ist, so dass die Schwingungsebenen beider Nicol in einer geraden Ebene liegen. Der Zeiger *i* giebt dann 0° oder 180° an dem Kreisbogen *k* an. Dreht man dagegen das obere Nicol auf 90° oder 270°, so fallen die Schwingungsebene des unteren und die Polarisationsebene des oberen und umgekehrt zusammen. Der polarisirte Strahl kann durch das letztere dringen. Man erhält auf diese Weise die grösste Lichtintensität oder das Maximum der Helligkeit bei 0° und 180° und die geringste oder Finsterniss bei 90° und 270°. Die Einflüsse der Zwischenstellungen lassen sich wieder nach dem Parallelogramm der Kräfte ermessen (§. 244). Das vorgeschobene rothe Glas, *gh*, hindert jede weitere Störung der Farbenzerlegung, weil man dann mit einfarbigem Lichte arbeitet (§. 241).

Ist ein Körper, der circularpolarisirende Eigenschaften besitzt, eingeschoben, so wird die grösste Helligkeit nicht bei 0°, sondern erst dann eintreten, wenn man das obere oder das analysirende Nicol um eine gewisse Winkelgrösse gedreht und daher abweichend von dem unteren oder dem polarisirenden eingestellt hat.

§. 253. Da man diese Vorrichtungen zu möglichst zuverlässigen quantitativen Bestimmungen, z. B. des Zuckergehaltes von Flüssigkeiten, benutzt, so hat man noch Compensationsapparate, die aus Quarzplatten bestehen, in dem Inneren angebracht, um die Genauigkeit der Einstellung zu sichern und vorzüglich scharfe sensible Farben bei dem Gebrauche des gewöhnlichen Lichtes zu erhalten (§. 250). Das Saccharimeter von Soleil gehört zu dieser Art von Polarisationsinstrumenten.

Winkel der Circularpolarisation.

§. 254. Der Drehungswinkel der gleichen circularpolarisirenden Substanz wächst mit der Länge des Weges, den sie dem polarisirten Strahle darbietet. Der Quarz wirkt in dieser Hinsicht mit solchem Nachdrucke, dass schon dünne Platten merkliche Ablenkungen erzeugen. Da aber die Flüssigkeiten weit geringere rotirende Kräfte besitzen, so muss man die Schwäche ihrer Wirkungen durch die grösseren Längen der gebrauchten Säulen auszugleichen suchen.

Drehungswirkungen verschiedener Körper.

§. 255. Reines Stärkemehl, wie das Inulin, drehen nach links (←), während das Dextrin die Polarisationsebene verhältnissmässig sehr energisch nach rechts wendet (→). Man sieht hieraus, dass der Polarisationsapparat die erste Stufe der Stärkegährung anzuzeigen vermag. Die ver-

schiedenen Zuckerarten bieten abweichende Verhältnisse dar. Der Mannit lässt die Stellung der Polarisationsebene unverändert. Der Rohrzucker, der Candiszucker, der krystallisirte Traubenzucker, der Stärkezucker oder die Glucose und der Milchzucker drehen nach rechts, der unkrystallisirte Fruchtzucker und der noch nicht fest gewordene Traubenzucker oder der Traubenzuckersyrup nach links. Was die anderen physiologisch wichtigen Körper betrifft, so wenden Lösungen von arabischem Gummi, Kirschlorbeerwasser und Terpentinöl nach rechts, eine alkoholische Lösung des Kamphors, Citronenöl, wässerige Lösungen des Eiweisses und Blutserum nach links. Es giebt Quarze, die nach der einen, und andere, die nach der entgegengesetzten Seite drehen.

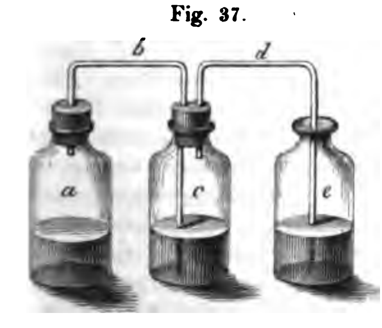
Einfluss der Concentration.

§. 256. Da die Concentration einer gegebenen Lösung die Grösse des Ablenkungswinkels bestimmt, so hat man hierin ein Mittel, den Zucker- oder den Eiweissgehalt einer Flüssigkeit, wenn keine andere störende Nebenverbindungen da sind, zu bestimmen. Vorversuche, die man mit künstlichen Lösungen von bekannten Mengen der festen Körper anstellt, lassen Tabellen entwerfen, in denen die Mengen und die Grade der Ablenkung verzeichnet sind. Vernois und Becquerel glauben z. B., dass man hierbei eben so gute quantitative Ergebnisse wie durch die chemische Analyse erhält, wenn man sich eines einfacheren, Fig. 36 erläuterten Apparates mit einfarbigem Lichte bedient und den Kopf mit einem Tuche zur Abhaltung der seitlichen Lichtstrahlen bedeckt. Der Milchzucker des Milchserum soll nur auf diese Weise hinreichend genau bestimmt werden. Man muss jedoch bemerken, dass schon die genaue Einstellung ihre bedeutende Unsicherheit hat und die Drehungswinkel mit den Wärmegraden wechseln. Die Versuche, die Längen der Säulen bei verschieden dichten Lösungen variiren zu lassen, um die gleiche Drehung zu erhalten, fallen noch unsicherer aus.

Gährungsprobe des Zuckers.

§. 257. Der Zuckergehalt einer Lösung kann in verschiedener Weise chemisch nachgewiesen werden. Das sicherste Mittel ist immer, den Zucker aus dem festen Rückstande mit Weingeist auszuziehen und später rein darzustellen. Die sogenannte Gährungsprobe gelingt nur bei grösseren Mengen. Man bringt die Zuckerlösung mit Hefe in *a*, Fig. 37, damit sich Weingeist und Kohlensäure erzeuge (§. 212). Die letztere geht dann durch *b* nach *c* über und stösst hier auf Kalkwasser, aus dem sich kohlensaurer Kalk niederschlägt. Man kann allenfalls die Menge des ursprünglichen Zuckers aus dem Kohlensäuregehalte des Kalkes ungefähr zu schätzen suchen (§. 212). Das in *e* befindliche Kalkwasser sichert vor den Einflüssen der Kohlensäure der Atmosphäre. Gährungsschimmel (Taf. II. Fig. XIX) treten in *a* in reichlichster Menge auf. Sie erscheinen aber auch in anderen gährenden Flüssigkeiten in den gleichen Formen.

Fig. 37.



Kaliprobe des Zuckers.

§. 258. Kocht man eine dextrin- oder zuckerhaltige Flüssigkeit mit einer Lösung von kaustischem Kali, so färbt sich das Ganze braunroth. Ein Zusatz von Salpetersäure erzeugt einen angenehmen Melassegeruch.

Trommer'sche Probe.

§. 259. Die Trommer'sche Probe beruht darauf, dass der Stärke- und der Traubenzucker das durch Kali gefällte Kupferoxyd im Kalten langsamer und bei dem Kochen rascher zu Kupferoxydul reducirt. Man erhält daher einen gelbröthlichen bis rothen Niederschlag, weil das Kupferoxydulhydrat (4 CuO + HO) gelb und das Kupferoxydul roth ist, während das an und für sich schwarze Kupferoxyd (CuO) als Hydrat durch Kali niedergeschlagen blaugrün erscheint.

Will man die Menge des Zuckers nach diesem Verfahren bestimmen, so füllt man, nach Fehling, eine Bürette (Fig. 38) mit einer Lösung, die 40 Grm. Kupfervitriol, 160 Grm. weinsaures Kali und 560 Grm. Natronlauge von 1,12 specif. Gewicht auf 1 Liter Wasser enthält. Eine zweite Bürette nimmt einen Theil der zuckerhaltigen Flüssigkeit, die man, wenn es nöthig ist, mit dem 9- bis 19fachen ihres Volumens mit Wasser verdünnt, auf. Man giesst nun 10 C. C. der Kupferlösung in 40 C. C. Wasser, bringt die Flüssigkeit zum Kochen und tröpfelt so lange die Zuckerlösung aus der Bürette zu, bis alles Kupferoxyd reducirt worden und der Niederschlag aufhört. 10 C. C. jener Lösung entsprechen dann 0,0577 Grm. Traubenzucker. Die Kenntniss der Volumina der ursprünglichen Kupfer- und der zugesetzten Zuckerlösung, über welche die beiden Büretten Aufschluss geben, lässt den Zuckergehalt der Flüssigkeit bestimmen.

Fig. 38.

§. 260. Man bedient sich gewöhnlich der Trommer'schen Probe, um die Anwesenheit von Stärke- oder Traubenzucker in thierischen Flüssigkeiten oder künstlichen Verdauungsmischungen nachzuweisen. Sie versagt bisweilen unter Verhältnissen, die man noch nicht hinreichend kennt. Eiweisskörper können umgekehrt das Kupferoxyd bei dem Kochen reduciren, wenn auch keine Spur von Zucker nebenbei vorhanden ist.

Umsatz der Stärke durch die Mundflüssigkeiten.

§. 261. Die Mundflüssigkeiten des Menschen scheinen die Zuckergährung des Kleisters rascher als die der Säugethiere einzuleiten. Wenn sie mit einer filtrirten Stärkeabkochung oder mit ungesäuertem Brote in Berührung gebracht werden, so reicht oft weniger als eine Minute hin, dass Jod keine blaue Farbe durch die Bildung von Jodstärke erzeugt und die Trommer'sche Probe die Anwesenheit von Zucker angiebt. Die rohe Stärke dagegen wird nur langsam umgesetzt. Man kann frische Kartoffelstärke 24 Stunden in den Mundflüssigkeiten bei 40° C. liegen lassen, ohne dass das Jod seine eigenthümliche Wirkung auf die meisten Stärkemehlkörner verliert. Es erklärt sich schon hieraus, weshalb man diese häufig in dem Inhalte der beiden ersten Mägen der Wiederkäuer und nicht selten auch, nach J. Vogel's Beobachtungen, in den erbrochenen Massen des Menschen findet.

Ferment der Mundflüssigkeiten.

§. 262. Man kann mit Recht vermuthen, dass die Zuckergährung der aufgequollenen Stärke von der Wirkung eines eigenen Fermentkörpers herrührt. Mialhe glaubte ihn in der That dadurch darstellen zu können, dass er die filtrirten Mundflüssigkeiten mit Weingeist niederschlug. Man erhält dann eine weisse Masse, die nur 0,2 bis 0,3 % des Ganzen ausmacht. Payen hielt sogar diese thierische Diastase für identisch mit der pflanzlichen (§. 87). Ein sicheres Urtheil ist in dieser Hinsicht nicht möglich. Der Niederschlag hat eine wechselnde Zusammensetzung und bildet wahrscheinlich ein Gemenge verschiedener Substanzen. Man weiss nicht, ob die eigenthümliche Einwirkung nur einem fixen oder variablen Bestandtheile allein zukommt, oder nicht.

Bildung des Fermentkörpers.

§. 263. Die wässerige Absonderung der Ohrspeicheldrüsen, die schleimigte der Unterkieferdrüsen und der Mundschleim des Hundes besitzen für sich nicht die Fähigkeiten, die wir an den Mundflüssigkeiten im Ganzen bemerken. Sie greifen die Stärke gar nicht oder erst nach längerer Fäulnisszersetzung an. Das Letztere kann aber nicht für eine ursprünglich vorhandene umsetzende Eigenschaft zeugen, weil auch viele andere Körper, wie Blut, Schleim, die der Fäulniss verfallen sind, Stärke in Zucker überführen. Eine Mischung der Absonderung der Unterkieferdrüse und des Mundschleimes des Hundes dagegen leitet die Zuckerbildung augenblicklich ein. Der Gährungserreger würde sich hiernach erst durch die Wechselwirkung beider Flüssigkeiten bilden. Dieser Satz müsste nach den Angaben von Jarjavay und Mialhe für den Menschen nicht gelten, weil hier schon der reine, aus einer Fistel des Stenson'schen Ganges entleerte Speichel die Stärke umsetzte.

Die Anwesenheit des Fermentkörpers hängt nicht von den mechanischen Gemengtheilen der Mundflüssigkeiten, den Epithelialblättchen (Taf. II. Fig. XXXI. *a b*) und den sogenannten Speichelkörperchen (*c d*) ab. Das Filtrat kann eben so gut als die frische Mischung die Stärke angreifen.

Beschränkte Wirkung der Mundflüssigkeiten.

§. 264. Die Anwesenheit einer freien Säure stört nicht die Gährungswirkung der Mundflüssigkeiten. Da aber diese allein oder mit Speisen vermischt von Zeit zu Zeit verschluckt werden, so könnte man glauben, dass sich der Einfluss derselben im Magen fortsetzt. Die Erfahrung lehrt wenigstens, dass bedeutendere Mengen der Stärkemehlmassen, die von Pflanzen- oder Fleischfressern genossen werden, im Magen unverändert bleiben. Zucker lässt sich hier, nach Frerichs, hin und wieder, nach Bidder und Schmidt dagegen nicht nachweisen. Es wird daher zwar etwas Zucker, der später rasch aufgesogen oder in Milchsäure verwandelt werden kann, während des Kauens gebildet. Die Mundflüssigkeiten üben aber keine durchgreifenden und nachhaltigen Wirkungen auf reichliche Stärkemehlmassen, die noch nicht durch die Wasserbehandlung aufgeschlossen wurden, aus.

Magensaft.

§. 265. Die Innenhaut des Magens enthält eine grosse Menge von Drüsen, die man unter dem Namen der Magen- oder der Labdrüsen zusammenfasst (Taf. IV. Fig. LIII). Man kann sie schon auf senkrechten Schleimhautschnitten unter einer schwachen Lorupe ekennen (Fig. 89 a. f. S.). Sie bestehen aus einfachen (Taf. IV. Fig. LIII. *a*) oder verzweigten Säcken (*bc*), deren flüssige Absonderung, der sogenannte reine Magensaft, an

der Oberfläche der Magenschleimhaut (Taf. IV. Fig. LIII. *d*) hervortritt und die nebenbei vorhandenen Epithelialreste, die **Labzellen**, fortschwemmt. Es lässt sich für jetzt nicht entscheiden, ob die übrigen Theile der Magenschleimhaut eine erhebliche Secretmenge hinzufügen oder nicht.

Fig. 39.

§. 266. Die anatomischen Verhältnisse der einzelnen Magendrüsen wechseln mit den Bezirken, denen sie angehören. Die Unterschiede treten in vielen Haussäugethieren, wie dem Schweine, dem Pferde, schärfer, als im Menschen hervor. Man darf daher vermuthen, dass verschiedene Arten von Magensaft bereitet werden. Die Pförtnerhälfte des Magens des Pferdes eignet sich zu den später zu erwähnenden künstlichen Verdauungsversuchen besser, als der Cardiaabschnitt. Man muss hierfür den vierten oder den Labmagen der Wiederkäuer aus dem gleichen Grunde wählen. Koelliker[8]) und Goll geben an, dass nur die Stellen, welche Drüsen mit runden Zellen enthalten, Eiweiss schnell auflösen. Die Mitte des Magens dagegen, und zwar vorzüglich der Nachbarbezirk der grossen Krümmung (*d*, Fig. 21 S. 52), der Drüsen mit Cylinderepithelien besitzt, lässt nach ihnen die geronnenen Eiweisswürfel unverändert oder greift sie nur langsam an.

§. 267. Die halbflüssige Masse, welche man an der Schleimhautfläche der Leiche antrifft und mit dem Namen des Magensaftes zu bezeichnen pflegt, bildet in der Regel eine noch unreinere Mischung. Sie enthält den verschluckten Speichel und bisweilen auch Schleimmassen, die vorzüglich bei katarrhalischen Zuständen der Schleimhaut zum Vorschein kommen.

Magenfisteln.

§. 268. Eine Schusswunde oder andere regelwidrige Verhältnisse können eine Magenfistel, d. h. eine in die Magenhöhle überführende Oeffnung der Bauchdecken zurücklassen. Die Beobachtungen von Helm und Beaumont lehrten, dass dieser Fehler das Leben der Menschen nicht gefährdet. Die Fistel gestattet eine vielseitige Verfolgung der Verhältnisse der Magenverdauung. Man hat daher auch häufig **künstliche Magenfisteln**, vorzüglich in Hunden, angelegt. Bidder und Schmidt unterbanden noch die Ausführungsgänge der Ohrspeichel- und der Unterkieferdrüsen in denselben Thieren. Es konnten daher nur der verschluckte Mund- und Nasenschleim und das Absonderungsproduct der Orbitaldrüsen den Magensaft verunreinigen.

Reaction des Magensaftes.

§. 269. Der leere Magen führt in der Regel einen Schleim, der neutral oder schwach sauer reagirt. Schabt man aber die oberflächliche Schicht ab, so stösst man auf eine Mischung, welche die Pflanzenfarben nachdrücklicher röthet. Kitzelt man die Magenschleimhaut oder führt man harte, aber grösstentheils unlösliche Körper in den Magen ein, so quillt eine reichlichere Menge einer entschieden sauren Flüssigkeit hervor. Der blosse Anblick der Speisen kann denselben Erfolg nach sich ziehen. Es erklärt sich hieraus, weshalb mehr Magensaft während des Essens und der nachfolgenden Verdauungszeit geliefert wird.

§. 270. Wir werden später sehen, dass das Blut, die Lymphe und die meisten Absonderungen alkalisch reagiren. Die beständige saure Beschaffenheit des Magensaftes, welche nur durch den Beitritt grösserer Mengen alkalischen Speichels oder Schleimes hin und wieder zeitweise unterdrückt

wird, muss die Folge einer eigenthümlichen Organisation der Absonderungswerkzeuge bilden. Führt man frisches Blut in die Schlagadern eines eben getödteten Thieres ein, so quillt eine reichliche Menge sauren Magensaftes, nach Bernard, hervor. Hat man milchsaures Eisen, buttersaure Talkerde oder buttersaures Eisen in Drosselvenen gespritzt, so finden sich die Säuren dieser Salze im Magensafte wieder.

Säuren des Mageninhaltes.

§. 271. Die Säuren, welche man in dem Mageninhalte antrifft, können von dreierlei Quellen herrühren. Sie sind entweder unmittelbar einverleibt worden oder es haben sich Milchsäure (§. 211), Essigsäure (§. 214), Buttersäure (§. 216) aus der fortgesetzten Gährung einzelner Nahrungsmittel gebildet. Eine dritte Ursache liegt endlich in der Beimischung des Magensaftes.

Natur der Säure.

§. 272. Man kennt bis jetzt noch nicht die Ursache der sauren Beschaffenheit der Magenabsonderung mit vollkommener Sicherheit. Essigsäure, Buttersäure, Phosphorsäure und saurer phosphorsaurer Kalk, die man früher als die säuernden Verbindungen ansah, kommen nicht beständig vor. Sie rühren vermuthlich, wenn sie vorhanden sind, von den Speiseresten her. Milchsäure, welche die meiste Wahrscheinlichkeit für sich hat, zugleich aber durch Gährung des Stärkemehls erzeugt werden kann (§. 216), wurde von Bidder und Schmidt in dem reineren Magensafte von Hunden vermisst, in dem gewöhnlichen dagegen, nach Fleischfütterung, von Lehmann[9]) noch in seinen neuesten Versuchen gefunden. Schmidt selbst nimmt eine Verbindung von freier Salzsäure mit dem Ferment des Magensaftes (Chlorpepsinwasserstoffsäure) als Ursache der sauren Reaction an.

Verschiedene Versuche über Magenverdauung.

§. 273. Man hat die Wirkungen des Magensaftes im lebenden Körper und in dem Reagenzglase zu verfolgen gesucht. Die Section von Thieren, die vorher mit bestimmten Nahrungsmitteln gefüttert worden, an Fäden befestigte Schwämme, die man verschlucken liess und später wieder auszog, das Erbrechen halbverdauter Speisen, welches manche Aerzte, wie Gosse und Montégre, willkürlich einleiten konnten, dienten zu diesem Zwecke in älterer, und Menschen oder Thiere mit Magenfisteln in neuerer Zeit. Die künstlichen Verdauungsversuche bestehen darin, dass man die angesäuerten Auszüge des Magens auf verschiedene Stoffe ausserhalb des Körpers wirken lässt.

Künstliche Verdauungsflüssigkeit.

§. 274. Füllt man den gereinigten Magen eines frisch getödteten Thieres mit Wasser, lässt das Ganze 24 Stunden stehen, filtrirt hierauf und dickt die durchgegangene Flüssigkeit ein, so erhält man eine Mischung, die eine passende künstliche Verdauungsflüssigkeit unter dem nöthigen Säurezusatz liefert. Man kann auch Stückchen von Magenschleimhaut oder den abgeschabten Magenschleim in schwach angesäuertes Wasser bringen. Ein Magen, der frisch getrocknet und dann Jahre lang aufbewahrt worden, eignet sich hierzu eben so sehr, als der eines eben getödteten Thieres. Manche Forscher ziehen die Magenschleimhaut mit Wasser aus, dampfen dann das Filtrat ein und behandeln es von vornherein mit Weingeist oder setzen erst essigsaures Bleioxyd hinzu, rühren den ausgewaschenen Niederschlag mit Wasser an, leiten Schwefelwasserstoff durch, filtriren das Schwefelmetall ab und vermischen endlich die wässerige Lösung mit Alko-

hol. Es fällt dann eine weisse Masse, das Pepsin, nieder. Wie die Diastase des Speichels, so wird diese Verbindung als der Fermentkörper des Magensaftes angesehen. Alle Unbestimmtheiten, welche jener Substanz anhaften (§. 262), kehren auch für das Pepsin wieder. Sehr geringe Mengen desselben (im Minimum $^1/_{600}$ %) verwandeln das schwach angesäuerte Wasser in eine künstliche Verdünnungsflüssigkeit. Das Chymosin und die Gasterase sind nur unreine oder reinere Pepsinkörper.

Geringe Säuremengen.

§. 275. Es versteht sich von selbst, dass die freie Säure des natürlichen Magensaftes in keiner beträchtlichen Menge vorhanden sein kann, weil sonst die Gewebtheile zerstört würden. Die künstlichen Verdauungsversuche lehren überdies, dass nur sehr kleine Quantitäten von Salzsäure oder Milchsäure, die sich zu diesen Beobachtungen am besten eignen, oder sogenannte mikrolytische Mengen geronnener Eiweisskörper lösen, grössere dagegen nachtheilig wirken. Jede Säure fordert übrigens hierbei ihre eigenthümlichen Quanta.

Nothwendige Nebenbedingungen.

§. 276. Die Verdauungsflüssigkeit arbeitet rascher in einer Wärme von 36° bis 40° C., als bei gewöhnlicher Temperatur. Eine Wärme von mehr als 50° C. verzögert die Wirkung. Das Aufkochen mit Wasser oder das unvorsichtige Verdampfen zum trockenen Rückstande lähmt die Thätigkeit des Pepsins, während nicht unbedeutende Kältegrade (— 6° bis 10° C.) ohne Nachtheil ertragen werden. Die Neutralisation durch Alkalien oder ein Zusatz von Galle hebt die Verdauungskräfte auf. Diese Eigenschaften kehren auch in dem frischen Magensafte wieder. Arsenigte Säure, Alaun, Metallsalze hemmen die Lösungskräfte der künstlichen Verdauungsflüssigkeit.

Nutzen der Säure.

§. 277. Lässt man diese, ohne dass sie angesäuert worden, in einer Wärme von 36° bis 40° C. stehen, so entwickelt sich ein durchdringender Fäulnissgeruch. Mit Wasser ausgezogene Eiweisswürfel werden nicht unmittelbar gelöst, sondern zur Selbstzersetzung gezwungen, so dass sie erst hierdurch leichter werden. Ein geringer Säurezusatz dagegen, z. B. $^1/_{100}$ Salzsäure, bewirkt es, dass alle Fäulniss ausbleibt. Das Ganze nimmt den säuerlichen Geruch des Erbrochenen an. Die festen Einweisskörper werden allmälig aufgelöst.

§. 278. Sehr verdünnte Mineralsäuren können allerdings auch Fleisch oder geronnenes Eiweiss aufnehmen. Unvollkommene Erfolge fordern dann aber schon mehrere Tage und die Hülfe ziemlich hoher Wärmegrade. Erst die Verbindung der schwachen Säure mit den organischen Fermentstoffen des Magensaftes liefert nachdrücklichere Wirkungen. Hat die künstliche Verdauungsflüssigkeit eine gewisse Menge von Eiweiss gelöst, so nimmt ihre Kraft ab. Ein Zusatz von geringen Säuremengen erfrischt sie von Neuem. Selbst die blosse Wasserverdünnung soll vor der völligen Erschöpfung verbessernd eingreifen.

§. 279. Der frische Magensaft verhält sich in dieser Hinsicht in ähnlicher Weise. Man kennt bis jetzt keine irgend nützliche Wirkung des beigemengten Speichels. Er schadet eher der Auflösung der Eiweisskörper, seiner alkalischen Beschaffenheit wegen.

Lösung der Magenhäute.

§. 280. Wenn man Stückchen der Magenhaut zur Bereitung der künstlichen Verdauungsflüssigkeit gebraucht, so werden sie grösstentheils aufgelöst. Der lebende Magen zeigt diese Erscheinung nicht, ohne dass man bis jetzt den Grund des Unterschiedes angeben könnte. Es kommt dagegen in der Leiche vor, dass der sehr saure Magensaft die Magenwände angreift. Man muss sich daher hüten, eine gallertartige Magenerweichung, die schon im Leben vorhanden gewesen wäre, in solchen Fällen anzunehmen.

Eiweisswürfel

§. 281. Scharf geschnittene Eiweisswürfel, die man der Wirkung des Magensaftes oder einer künstlichen Verdauungsflüssigkeit aussetzt, werden allmälig an den Kanten durchsichtiger, während ein undurchsichtiger Kern zurückbleibt. Die Verarbeitung schreitet dann von aussen nach innen, wie bei jeder Lösung, fort. Die Kanten runden sich ab, das Innere wird gallertiger, bis sich endlich das Ganze löst oder nur eine Reihe grauweisser Flocken übrig lässt.

§. 282. Klein zerschnittene Eiweisswürfel unterliegen verhältnissmässig früher als grosse. Die Analogie mit der rascheren Auflösung gepulverter Körper und der Vortheil, den das gute Durchkauen gewähren, erhellen hiernach ohne Weiteres.

§. 283. 100 Grm. frischen Magensaftes des Hundes können 3,95 bis 6,14 Grm. und im Durchschnitt 5 Grm. nach Lehmann, nach Bidder und Schmidt dagegen nur 0,4 bis 4 Grm. und im Mittel 2,2 Grm. lösen.

Faserstoff.

§. 284. Der Faserstoff des Blutes leistet geringeren Widerstand, als das geronnene Hühnereiweiss. Das Fleisch ändert sich anfangs, wie in einer schwach angesäuerten Flüssigkeit. Die quergestreiften Muskelfasern (Taf. IV. Fig. LXIII. *a*) und die Hülle derselben, das Sarcolemma oder Myolemma (Taf. IV. Fig. LXIV. *b*), dessen Kerne deutlicher hervortreten, werden heller und durchsichtiger. Die Querstreifen erhalten sich ziemlich lange. Die Fasern zerfallen häufig vor der Auflösung in einzelne Bruchstücke, wie es Fig. 40 andeutet. Die breiteren der älteren Geschöpfe widerstehen, nach Frerichs, länger, als die schmaleren der jüngeren. Das Kochen oder das mässige Braten des Fleisches soll die Schnelligkeit der Lösung unter sonst gleichen Verhältnissen vergrössern.

Fig. 40.

Käsestoff.

§. 285. Der Käsestoff kann die Verdauungsthätigkeit des Magens bei zweierlei Gelegenheiten in Anspruch nehmen. Wir führen ihn häufig in fester Form im Käse oder in anderen Nahrungsmitteln ein. Die Milch gerinnt aber im Magen. Das niedergeschlagene Casein muss daher später von Neuem gelöst werden.

§. 286. Der Käse leistet einen verhältnissmässig bedeutenden Widerstand. Reste desselben treten häufig noch ungelöst in den Zwölffingerdarm über.

Gerinnung der Milch.

§. 287. Verhältnissmässig geringe Mengen von Magenschleimhaut, Magensaft oder angesäuerter künstlicher Verdauungsflüssigkeit schlagen den Käsestoff der Milch nieder (§. 75). Man hat die Ursache dieser Er-

scheinung noch nicht ermittelt. Der Milchzucker sollte auf dem Wege der Contactwirkung des Pepsins in Milchsäure verwandelt werden und diese das Alkali, welches den Käsestoff gelöst erhält, sättigen. Die Mengen von Milchsäure aber, die sich im Anfange bilden, stehen, nach Mitscherlich, in keinem Verhältnisse zu den Käsestoffquantitäten, die niedergeschlagen werden. Die durch Lab zum Gerinnen gebrachte Milch kann überdies noch ihre alkalische Reaction beibehalten.

§. 288. Die Flüssigkeit, welche nach der Coagulation übrig bleibt, enthält noch eine grosse Menge von Milchkörperchen (Taf. V. Fig. LXXX. *a*). Der Magensaft kann die Hülle derselben, die aus einer Eiweisssubstanz besteht, lösen. Die frei gewordenen Fetttröpfchen fliessen daher häufig zu verhältnissmässig grösseren Massen zusammen. Das Milchserum, das den Milchzucker oder die Milchsäure enthält, wird rasch aufgesogen und der Käsestoff seines lockereren Aggregatzustandes wegen leichter verdaut.

Pflanzeneiweiss, Kleber, Leim, Knorpel u. Knochen.

§. 289. Pflanzeneiweiss, Legumin und Kleber lösen sich gleich den thierischen Eiweisskörpern im Magen auf. Der Leim unterliegt ebenfalls. Wie aber das von der sauren künstlichen Verdauungsflüssigkeit aufgenommene Eiweiss in der Siedhitze nicht gefällt wird, so hat auch die Leimlösung die Fähigkeit, bei dem Erkalten zu gerinnen, gänzlich eingebüsst. Weiche leimgebende Gewebe, wie die verschiedenen Arten des Bindegewebes (Taf. III. Fig. XL) unterliegen ziemlich rasch dem Einflusse des Magensaftes. Dichtere dagegen, wie Sehnen, Bänder, elastische Fasern (Taf. III. Fig. XLI. XLII) widerstehen mit vieler Hartnäckigkeit und gehen zum Theil unverdaut in den Zwölffingerdarm über. Die Grundmasse (Taf. III. Fig. XLV. *a*) dünnerer Knorpelscheiben wird zuerst angegriffen. Ihre Lösung kommt verhältnissmässig langsamer zu Stande. Das Ganze vergeht jedoch zuletzt bis auf einen grossen Theil der Kerngebilde (*c d*). Die Knochen verlieren nur eine gewisse Menge ihrer verhältnissmässig beträchtlichen Kalksalze. Ihr Knorpel unterliegt eher dem Magensafte. Er scheint sich ähnlich wie der bleibende Knorpel zu verhalten.

Albuminose u. Peptone.

§. 290. Wenn man eine saure Verdauungsflüssigkeit, die festes Eiweiss gelöst hat, mit Kali neutralisirt, so schlägt sich das Eiweiss bei dem Kochen nieder. Der Grund des entgegengesetzten Erfolges, der vor der Neutralisation auftritt, liegt daher nur in der Anwesenheit freier Säure. Solche saure Verdauungslösungen des Eiweisskörpers werden aber auch durch Metalisalze, wie basisch essigsaures Bleioxyd, Eisenkaliumcyanür, salpetersaures Silberoxyd weniger oder gar nicht gefällt. Dieser Umstand führte manche Chemiker zu der Annahme, dass die Eiweisskörper im Magen nicht bloss einfach gelöst, sondern auch umgesetzt werden. Mialhe nannte die neuen Verbindungen, die für alle Eiweisssubstanzen gleich sind, sich aber aus dem Faserstoff am reinsten darstellen lassen sollen, die Albuminose. Lehmann bezeichnet die verschiedenen Substanzen mit dem allgemeinen Namen der Peptone. Man hat ein Eiweisspepton, ein Fibrinpepton, ein Caseinpepton. Die Zukunft wird über die Richtigkeit dieser Annahme entscheiden müssen.

§. 291. Der Magensaft besitzt nicht die Fähigkeit, Stärke in Zucker überzuführen. Hat man beide zusammengebracht, so geben der Polarisationsapparat (§. 249) kein Dextrin und die Trommer'sche Probe (§. 259) keinen Zucker an, so lange nicht andere Gährungsursachen eingreifen. Der Speisebrei enthält häufig Milchsäure. Man weiss bis jetzt noch nicht, ob sich der Magensaft bei der Erzeugung derselben betheiligt oder nicht. Wenn eine Lösung des Rohrzuckers in künstlicher Verdauungsflüssigkeit längere Zeit in einer Temperatur von 40° C. gestanden hat, so bildet sich bisweilen Essigsäure. Dieser Umsatz kommt aber in dem lebenden Magen nicht oft vor. Die Löslichkeit des Rohrzuckers führt schon zu einer raschen Aufsaugung. Gummi und Pectin scheinen ebenfalls keine wesentliche Veränderung zu erleiden.

Unwirksamkeit für Kohlenhydrate.

§. 292. Die Absonderungen des Magens ändern grössere Mengen von Fett nicht wesentlich um. Der Chymus fettreicher Nahrungsmittel enthält häufig viele grosse Fetttropfen, weil die Eiweisskörper, die kleinere Oelmassen umhüllten, aufgelöst wurden (§. 280). Man findet nicht selten in ihm Buttersäure, ohne dass sich angeben liesse, ob sie nur durch zufällige Nebenbedingungen erzeugt worden.

Fette.

§. 293. Die ungleichen Wirkungen auf die Stärkemehl- und die Eiweisskörper lassen vermuthen, dass die Diastase der Mundflüssigkeiten und das Pepsin des Magensaftes verschiedenartige Gährungserreger sind. Es fehlen aber noch alle Anhaltpunkte, um die Ursachen dieser abweichenden Einflüsse zu ergründen. Da das Filtrat des Magensaftes die festen Eiweisskörper bewältigt, so können höchstens die Labzellen (§. 265) den löslichen Gährungserreger chemisch gebunden enthalten oder in der übrigen Masse erzeugen.

Beziehung der Labzellen.

§. 294. Der reine, von seinen Kalksalzen möglichst befreite Magensaft des Hundes enthielt, nach Schmidt, eine organische, die Fermentkräfte bergende Masse, die aus 53,0 % Kohlenstoff, 6,7 % Wasserstoff, 17,8 % Stickstoff und 22,5 % Sauerstoff bestand. Sie führte daher etwas mehr Stickstoff als die reineren Eiweisskörper (§. 117). Ob und in welcher Art die Chlorverbindungen, das Kalium, Natrium und Calcium und die phosphorsauren Salze des Kalks, des Talks und des Eisenoxyduls, die sich in der Asche finden, und das Chlorammonium des frischen Magensaftes eigenthümlich einwirken, ist völlig unbekannt.

Bestandtheile des Ferments.

§. 295. Der Speisebrei oder Chymus bildet in der Regel eine grauweisse, seltener grauröthliche, gallertige und halbdurchsichtige Masse, in welcher die unverarbeiteten Reste der Nahrungsmittel vertheilt sind. Verholzte Pflanzentheile, Stärkemehlkörner, Chlorophyllklumpen, Fette, pulverige oder grössere Bruchstücke von festen Eiweisskörpern, Muskelfasern, Theile von Sehnen, Bändern, Knorpeln, Knochensplitter werden nach Verschiedenheit der Nahrung häufig angetroffen. Die gallertige Beschaffenheit der Grundmasse hat wahrscheinlich darin ihren Grund, dass verhältnissmässig wasserreichere Mischungen schon im Magen aufgesogen und schleimige Absonderungen hin und wieder beigemengt werden.

Beschaffenheit des Speisebreies.

Verdauungssäfte der dünnen Gedärme.

§. 296. Die dünnen Gedärme liefern eine Reihe verschiedenartiger Verdauungssäfte. Die Brunner'schen Drüsen finden sich vorzugsweise im Zwölffingerdarm, die Peyer'schen Follikelhaufen in der Regel im Krummdarm, bisweilen aber auch noch in den höheren Abschnitten und die Lieberkühn'schen Drüsen in dem ganzen Verlaufe des Dünndarmes. Die solitären geschlossenen Bläschen können an den verschiedensten Stellen der Schleimhaut des Nahrungscanals vorkommen. Die zottenreiche Schleimhaut selbst liefert wahrscheinlich eine Flüssigkeit, die sich mit den Erzeugnissen jener Drüsen vermischt. Das Ganze wird mit dem Namen des Darmsaftes ohne Berücksichtigung der Oertlichkeit bezeichnet. Galle und Bauchspeichel kommen noch in dem absteigenden Theile des Zwölffingerdarmes hinzu.

Darmsaft.

§. 297. Die Absonderung der in den Pflanzenfressern stärker entwickelten Brunner'schen Drüsen kann, nach Middeldorpf, Eiweisswürfel oder Fleischmassen nicht auflösen. Sie besitzt dagegen das Vermögen, Stärke in Zuckergährung zu versetzen. Bidder und Schmidt konnten die gleiche Umwandlung durch den alkalischen, in verhältnissmässig sparsamen Mengen abgesonderten Darmsaft, der keine, dem Bauchspeichel eigenthümliche Zersetzung der Fette einleitete, hervorrufen. Er löste zugleich beträchtliche Mengen des ihm dargebotenen Eiweisses oder Fleisches trotz seiner Alkalescenz auf, ohne dass die Flüssigkeit einen Fäulnissgeruch verrathen hätte. Alle beständigen Unterschiede fehlten, man mochte den möglichst reinen oder den mit Galle und Bauchspeichel vermischten Darmsaft gebrauchen.

Bauchspeichel.

§. 298. Der Bauchspeichel wird zur Verdauungszeit in reichlicherer Menge, als im nüchternen Zustande abgesondert. Seine Beschaffenheit scheint unter noch unbekannten Nebenbedingungen bedeutend zu wechseln. Er reagirt stark alkalisch und enthält ungefähr 90 % Wasser. $^{9}/_{10}$ des festen Rückstandes oder noch mehr kommt auf die organischen Substanzen. Die Flocken, die der Weingeist in reichlicher Menge niederschlägt, unterscheiden sich, nach Bidder und Schmidt, vom Eiweiss, indem sie sich grösstentheils wieder in Wasser lösen.

Einfluss auf Stärke.

§. 299. Die Absonderung des Pankreas kann geronnene Eiweisskörper nicht bewältigen. Sie enthält aber einen Gährungserreger, der die gekochte Stärke in Zucker schnell überführt und selbst Milchsäure erzeugt. Rohe Stärke leistet wiederum einen hartnäckigeren Widerstand. Man leitet daher die Bewältigung der Stärkemehlkörner von dem Bauchspeichel vorzugsweise her.

Beziehung zu den Fetten.

§. 300. Der Umfang, den das Pankreas der Fleischfresser besitzt, lässt noch andere Wirkungen des Bauchspeichels erwarten. Die Ansicht, dass er die genossenen Oele oder die bei der Wärme des Körpers (37° bis 40° C.) verflüssigten Fette in feinen Tröpfchen oder emulsionsartig vertheilt und sie deshalb zur Einsaugung vorbereitet, genügt nicht, weil andere schleimige Verdauungssäfte, welche die Darmbewegungen mit dem Speisebrei verkneten, dasselbe leisten können. Der reine Bauchspeichel scheidet zwar leicht Fettsäuren aus neutralen Fetten ab (§. 103). Ein Zusatz von Säure hebt diese Wirkung auf. Die Neutralisation derselben mit Alkalien oder die Vermischung mit Galle stellt sie von Neuem her. Füt-

tert man aber Katzen mit neutraler Butter, so findet man, nach Bidder und Schmidt, keine Buttersäure 6 bis 14 Stunden später im Nahrungscanale, der Galle, dem Blute oder dem Milchsafte. Jene Fähigkeit des Bauchspeichels wird daher den Nutzen desselben in den Fleischfressern nicht bedingen.

§. 301. Da der natürliche Darmsaft der unteren Hälfte des Dünndarmes keine Buttersäure aus neutraler Butter zu erzeugen pflegt, so scheint der beigemischte Bauchspeichel höher oben eingesogen oder wirkungslos zu werden. Dieses Merkmal wurde auch von Bidder und Schmidt benutzt, um die Reinheit des Darmsaftes in den §. 297 erwähnten Beobachtungen zu prüfen.

Galle.

§. 302. Unrichtige Vorstellungen, die man sich von der Reaction der Galle machte, führten früher auf den Gedanken, dass diese Absonderung die freie Säure des Speisebreies sättigt. Man stellte daher Versuche an, um die Menge des letzteren durch die Neutralisation mit Galle zu bestimmen. Die frische Galle ist aber neutral oder höchstens ihres Schleimgehaltes wegen schwach alkalisch. Erst die Selbstzersetzung, bei der sich z. B. Ammoniak neben Taurin erzeugt (§. 220), kann eine etwas stärkere Alkalescens bedingen. Der Speisebrei besitzt übrigens noch eine saure Reaction, wenn ihm selbst frische schleimfreie Galle beigemengt worden.

Gallenfärbung des Speisebreies.

§. 303. Wenn man den Darminhalt der Menschen von dem Anfange des Leerdarmes bis zu dem der dicken Gedärme verfolgt, so findet man in der Regel, dass er zuerst gelb bis gelbgrünlich erscheint, später eine Farbe, in der das Grün verhältnissmässig vorherrscht, annimmt und endlich zuletzt braun wird. Die Gallenbestandtheile bilden die Hauptursache dieser Färbungen. Man sieht auch im Krummdarme einzelne, zum Theil nur mikroskopische braune Massen, die aus blossen Gallenresten zu bestehen und der Umwandlung des Ganzen vorangeeilt zu sein scheinen.

Zersetzung der Galle.

§. 304. Geringe Säuremengen, welche die harzigen Säuren der Galle theilweise niederschlagen, erzeugen gelbgrüne bis grüne Präcipitate (Biliverdin). Die Säuren, die der Speisebrei enthält, wirken wahrscheinlich in ähnlicher Weise im lebenden Körper. Das Natron der Galle wird sich dabei zum Theil in Chlornatrium, milch- oder buttersaures Natron verwandeln. Die Galle selbst erleidet aber später zweierlei Veränderungen. Eine gewisse Menge derselben wird im Darme allmälig aufgesogen. Der Rest unterliegt durchgreifenden Zersetzungen, deren Gang die gegenwärtige Chemie noch nicht angeben kann. Man stösst dabei auf einzelne Producte, die sich auch durch künstliche Mittel oder durch die Fäulniss erzeugen lassen. Die Reaction des frischen Gallenbrauns, des Cholepyrrhins oder Biliphäins, durch Salpetersäure, die salpetrige Säure enthält, grün und später roth zu werden, verliert sich nach dem Dickdarme zu. Da sich dieser Körper an der Luft durch Säuren oder Alkalien leicht umsetzt, und dabei nach Scherer, Kohlen- und Wasserstoff verliert, so kehrt er in einer seiner Modificationen in den dicken Gedärmen und dem Kothe unter gewöhnlichen Verhältnissen wieder. Choloidinsäure (§. 121) erzeugt sich wahrscheinlich aus der Cholsäure oder Glycocholsäure (§. 220) der frischen Galle. Die Choleinsäure liefert Taurin (§. 220), das in den verschiedensten Abschnitten des Nahrungscanals und dem Kothe von Frerichs hin und wieder bemerkt

worden. Dyslysin, das von der Cholsäure stammt (§. 220), wird in den Excrementen, dem Inhalte der dicken und bisweilen selbst der dünnen Gedärme angetroffen.

Geruch der Galle und des Kothes.

§. 305. Lässt man den Niederschlag, den die faulende Menschengalle absetzt, eintrocknen, so erhält man einen braunen Körper, der zugleich den stärksten Geruch nach Menschenkoth, vorzüglich nach dem Zusatze von etwas Wasser verbreitet. Man kann die gleiche Erfahrung an dem Blinddarmbrei machen. Wiederholt man den Versuch mit Rindsgalle, so bekommt man eine gelbgrünliche, nach Kuhmist riechende Masse. Die künstliche Behandlung der Eiweisskörper kann zwar ebenfalls eine nach Koth riechende Verbindung erzeugen (§. 221), sie wird aber in der gewöhnlichen Fäulniss dieser Substanzen nicht bemerkt. Mehrere Erscheinungen deuten überhaupt an, dass der eigenthümliche Kothgeruch von der Galle und nicht von den eingenommenen Eiweisskörpern herrührt. Wenn keine Galle bei Gelbsüchtigen in den Darm fliesst, so riechen die grauweissen thonartigen Excremente durchdringend faulig, nicht aber wie der gewöhnliche Koth. Wird auch die gleiche Nahrung verabreicht, so haben doch die Darmentleerungen eines jeden Thieres einen eigenen Geruch, der im Blute, dem Harn und der Ausdünstung wiederkehren kann.

Schwankungen der Gallenabsonderung.

§. 306. Die zahlreichen Untersuchungen, welche Bidder und Schmidt über die Gallenabsonderung machten, lehrten, dass sie in Katzen 12 bis 15 Stunden nach der Mahlzeit ihr Maximum erreicht. Nimmt man 1 Kilogrm. Körpergewicht und 1 Stunde als Einheiten an, so fanden sich im Durchschnitt 0,600 Grm. $2^1/_2$ bis 3 Stunden, 0,807 12 bis 15, und 0,410 Grm. 24 Stunden nach der letzten Fütterung. Die späteren Zeiträume gaben noch weniger. Man sieht hieraus, dass verhältnissmässig reichlichere Gallenmengen während der Verdauungszeit geliefert werden. Dieses und die in der Thierwelt durchgreifende Einrichtung, dass die Galle hoch oben in den Nahrungscanal ergossen wird, lassen mit Recht vermuthen, dass jene Absonderung einen bestimmten Einfluss auf die Verdauungserscheinungen ausübt und nicht bloss ausschliesslich der Stoffumwandlung wegen bereitet wird.

Unwirksamkeit der Galle auf feste Stoffe.

§. 307. Sie kann weder feste Eiweisskörper lösen, noch die Stärke in Zucker überführen. Sie tritt sogar dem Einflusse des Magensaftes hemmend entgegen. Freie Fettsäuren werden zwar von dem Natron derselben aufgenommen. Dieser Einfluss macht sich aber nur höchstens nebenbei und in untergeordnetem Maasse geltend. Keine Thatsache deutet darauf hin, dass die neutralen Fette vor ihrer Einsaugung vollständig verseift würden.

Fäulnisswidrige Kräfte.

§. 308. Wenn keine Galle in den Darm der Gelbsüchtigen übertritt, so unterliegen die Excremente einem eigenthümlichen Fäulnissprocesse, den schon der Geruch verräth (§. 305) und der von der regelmässigen Zersetzung der Speisereste bei ungehinderter Gallenwirkung abweicht. Hunde, in denen man Gallenblasenfisteln angelegt und die man mit Fleischnahrung gefüttert hat, liefern ebenfalls aashaft riechende Excremente. Pflanzenkost führt zu einer sehr starken Gährung, nach den von Bidder und Schmidt gewonnenen Erfahrungen. Die lebhafte Gasentwickelung, welche in beiden Fällen durchgreift, erzeugt häufiges Kollern im Leibe und reichliche Blähungen.

§. 309. Die Galle hindert es daher, dass die Nahrungsreste eine besondere Richtung der Zersetzung, die man noch nicht näher kennt und mit dem allgemeinen Ausdrucke der Fäulniss bezeichnet, einschlägt. Sie wirkt, wie man sagt, antiseptisch. Da aber Hunde, welche Gallenblasenfisteln besitzen, Monate und Jahre lang bei geeigneter Ernährungsweise erhalten werden und selbst an Körpergewicht zunehmen können, so ergiebt sich, dass dieser Einfluss der Galle zu den wesentlichen Unterstützungsmitteln der Fortdauer der Lebensthätigkeiten nicht gehört.

Erregungskraft der Galle.

§. 310. Dasselbe gilt von den erregenden Einflüssen, die man der Galle zuschreiben kann. Reizbare, quergestreifte Muskelfasern ziehen sich, nach Budge, zusammen, sowie sie mit Galle betupft werden. Die einfachen Muskelmassen des Darmes zeigen das Gleiche, nach Schiff's Beobachtungen. Man kann daher die Galle als ein Beförderungsmittel der Darmbewegungen ansehen.

Beziehungen zur Fetteinsaugung.

§. 311. Wir werden später kennen lernen, dass nur bestimmte Mengen von Fett von dem Darm aus aufgesogen werden. Der Ueberschuss geht in dem Kothe davon. Diese Quantitäten der möglichen Fettabsorption sinken, nach Bidder und Schmidt, in beträchtlichem Maasse, wenn Gallenblasenfisteln einige Zeit früher in Hunden angelegt worden. Betrachtet man 1 Kilogramm Thier und 1 Stunde als Einheiten, so nahm ein gesunder Hund 0,465 Grm., ein solcher dagegen, der eine Gallenblasenfistel besass, nur 0,06 bis 0,21 Grm. auf. Katzen, in denen man die Galle von dem Darme abhielt, lieferten keinen Unterschied in den ersten Versuchen jener Forscher. Dieses hing aber, nach ihnen, wahrscheinlich damit zusammen, dass noch Galle von früherer Zeit her im Darme vorhanden war.

Dicke Gedärme.

§. 312. Man kennt die Veränderungen, welche die Nahrungsreste in den dicken Gedärmen erleiden, verhältnissmässig am wenigsten, weil hier Zersetzungsprocesse, deren Ausgangspunkte und Mittelglieder die Chemie noch nicht verfolgt hat, eingeleitet werden. Der äussere Augenschein lehrt schon, dass hier die Excrementmassen des Menschen und vieler Säugethiere, wie des Pferdes, des Schafes, des Kaninchens, unter regelrechten Verhältnissen dichter werden. Wenn auch der Blinddarm eine breiige Masse einschliesst, so kommen doch schon in ihm häufig genug einzelne, oft nur mikroskopische festere Klumpen vor. Die Verdichtung nimmt in dem Grimmdarme zu. Die Gase, die man in den dicken Gedärmen antrifft, weichen von denen der dünnen ab. Sie erinnern an diejenigen Luftarten, welche bei gewissen Fäulnissarten unter Wasser oder bei beschränktem Sauerstoffzutritt vorzukommen pflegen. Eigenthümliche Verbindungen, wie z. B. phosphorsaure Ammoniak-Magnesia (Taf. I. Fig. XVII. *i k l*), treten in reichlicherer Menge auf.

Allgemeine Bestimmung der dicken Gedärme.

§. 313. Da der Magen- und der Darmsaft die festen Eiweisskörper lösen, die Mundflüssigkeiten und vor Allem der Bauchspeichel das Stärkemehl in lösliche Verbindungen überführen und die Galle die Einsaugung der Fette unterstützen kann, so scheint keine der wichtigeren Stoffgruppen der Nahrungsmittel für die dicken Gedärme übrig zu bleiben. Diesen nur die Rolle anzuweisen, das übrig Gelassene dem Blute und der Lymphe zur Einsaugung darzubieten, hiesse den Einfluss der dicken Gedärme naturwidrig einschränken. Man kann ihnen aber eine durchgreifende allgemei-

nere Bestimmung anweisen. Sie würde es auch erklären, weshalb die meisten Versuche, die man mit Dickdarmfisteln anstellt, wenig Belehrung in mancher Beziehung verschaffen können.

§. 314. Es giebt wahrscheinlich einzelne Bestandtheile der Nahrungsmittel, die erst durch vorbereitende Thätigkeiten aufgeschlossen werden müssen, ehe sie zu bestimmten Zersetzungen gezwungen werden können. Man vermag sich vorzustellen, dass die Verdauungssäfte der vorangehenden Abschnitte des Nahrungsschlauches die nöthigen Vorarbeiten liefern. Wenn daher z. B. feste Eiweisskörper, die man in eine Dickdarmfistel eingeführt hat, fast unverändert zum After austreten, so folgt hieraus noch nichts gegen die eben erwähnte Hypothese. Die grosse Entwickelung des Blinddarmes der Pflanzenfresser, welche gerade viele aufschliessbare Stoffe in ihrer Nahrung einführen, scheint eher die Wahrscheinlichkeit derselben zu stützen.

Reactionen im Dickdarm.

§. 315. Die Schleimhäute des Blinddarmes und des Dickdarmes reagiren an und für sich alkalisch. Eine saure Beschaffenheit kann scheinbar zum Vorschein kommen, wenn Milchsäure in den Nahrungsresten enthalten ist. Man weiss, dass hier noch Eiweisskörper gelöst werden. Das Filtrat des Grimmdarminhaltes schlägt oft Eiweiss bei dem Kochen oder nach einem Zusatz von Salpetersäure nieder. Der Umsatz pflanzlicher Nahrungsmittel wird durch die Anwesenheit von Milchsäure oder Buttersäure angedeutet.

Koth.

§. 316. Der Koth enthält dreierlei Arten von Bestandtheilen, die nicht verarbeiteten Speisereste, die nicht eingesogenen Umsatzproducte der Galle und Schleim nebst anderen organischen Verbindungen, zu deren Entleerung der After bestimmt ist. Die beiden letzteren Gruppen von Verbindungen können auch in hungernden Geschöpfen ausgeschieden werden. Winterschläfer, wie der Igel oder das Murmelthier, entleeren von Zeit zu Zeit Kothballen, wenn sie auch seit Monaten nichts mehr genossen haben und ihr Magen keine festen Massen einschliesst.

§. 317. Verholzte Pflanzengewebe, die in reichlicher Menge eingeführt worden und selbst viele Zellgewebemassen, die dünnere Wände besitzen, gehen in der Regel unverändert oder höchstens entfärbt und theilweise ausgezogen mit dem Kothe davon. Das Pferd entleert auf diese Weise die Gerüste einer grossen Menge der genossenen Pflanzenstengel. Harte Samenhülsen, Kerne der Steinfrüchte können im Menschenkothe enthalten sein. Der Genuss passender Nahrungsmittel und eine gute Verdauung hindern es aber nicht, dass noch viele mikroskopische Reste selbst von verdaulichen Speisen in den Excrementen auftreten. Taf. I. Fig. XVII liefert in dieser Hinsicht ein übersichtliches Bild, das nach dem normalen Menschenkothe entworfen worden. *a* ist ein Stärkemehlkorn, das im Focus steht und dessen geschichteter Bau sich aus diesem Grunde bemerklich macht. *b c* sind Stärkemehlkörner, die tiefer liegen und daher leicht für Fetttropfen gehalten werden, *d e f* verholzte Oberhautzellen und Netzgefässe der Pflanzennahrung, *g* ein Bruchstück einer Muskelfaser, das nur entfärbt und durchsichtiger geworden, *h* ein anderes, das in quere Fragmente oder Scheiben zerfallen ist. Einzelne Fasern sind von gelbem Farbestoff durchtränkt. Dazu kommen noch *i*, *k*, *l*, Krystalle von phosphorsaurer Ammoniak-Magne-

sia, *m* beigemengte Epithelialblätter der Aftergegend, *n* Klümpchen von Gallenresten, und *o* kleinere Molecüle von verschiedener Form und Grösse. Fettkugeln sind nicht selten bei überreicher Fettnahrung, Blut- oder Eiterkörperchen, Schleimmassen und andere regelwidrige Gebilde unter verschiedenen krankhaften Verhältnissen beigemengt.

§. 318. Der durchschnittliche Wassergehalt der menschlichen Excremente gleicht ungefähr $^3/_4$ ihres Gewichtes. Wehsarg und Vogel erhielten z. B. 26,7 % festen Rückstandes als Mittelzahl und 17,4 % und 31,7 % als Grenzwerthe von 17 Untersuchungen des im Wasserbade getrockneten Kothes. Die Behandlung im Luftbade setzte aber noch das Gewicht um $^1/_{10}$ herab. Die mechanischen Beimischungen, die oft bei Durchfällen geringer, als bei regelrechtem Stuhlgange ausfallen, nehmen häufig die Hälfte der festen Stoffe in Anspruch. Bruchstücke von Muskelfasern der ausschliesslich genossenen Fleischkost kehrten erst nach 48 Stunden, und Traubenkerne nach 3 bis 4 Tagen in der Kothmasse wieder.

§. 319. Während die gewöhnlichen Stuhlgänge nur Umsatzstoffe der Galle enthalten (§. 304), können sich beträchtliche Mengen unzerlegter Galle in den Durchfallentleerungen vorfinden. Die mit Aether ausziehbaren, grösstentheils fettigen Verbindungen betragen gewöhnlich mehr als $^1/_3$ des festen Rückstandes. Sie nehmen, nach Ihring und Vogel, in Diarrhöen zu. Stühle, die sehr viel Fett führen, bieten eine gelblichere Färbung dar.

§. 320. Der Koth enthält im Ganzen wenig Asche. Der grösste Theil derselben löst sich in Wasser nicht auf. Dieses hängt damit zusammen, dass die phosphorsaure Magnesia vor allen übrigen Verbindungen vorherrscht. Eine grosse Zahl von mikroskopischen Krystallen der phosphorsauren Ammoniak-Magnesia $[(NH_3 \,.\, HO + 2\,MgO)\,PO_5 + 12\,HO]$ bildet mechanische Gemengtheile eines jeden neutralen oder alkalischen Stuhlganges. Chlor und Schwefelsäure, Kali und Natron lassen sich in dem Wasserauszuge meistentheils nachweisen. Die Natronsalze herrschen in der Regel über die Kaliverbindungen vor. Phosphorsaure Kalkerde und Eisen sind ebenfalls in geringen Mengen vorhanden. Die aus inneren Ursachen erzeugten Durchfälle führen bisweilen verhältnissmässig bedeutende Mengen von Kochsalz.

Gase des Nahrungscanales.

§. 321. Alle Abschnitte des Nahrungscanales enthalten Gasmischungen, die sich von der Atmosphäre wesentlich unterscheiden. Der schaumige Speichel führt gewisse Luftmengen in den Magen hinab. Grössere Gasmassen werden ausserdem häufig verschluckt. Wenn auch die Lösung der Eiweisskörper durch den Magensaft und die Zuckergährung des Stärkemehls keine Gase frei machen, so treten sie doch in vielen anderen Gährungserscheinungen auf. Der Darm kann überdies noch verschiedene Luftarten unter regelrechten oder krankhaften Verhältnissen abscheiden.

§. 322. Die gegenwärtigen eudiometrischen Untersuchungsmethoden gestatten es zwar, die Mengen des Sauerstoffs, des Wasserstoffs, der Kohlensäure (CO_2) und des Kohlenwasserstoffs (C_2H_4 und C_4H_4) genau zu bestimmen. Andere Gase und Dämpfe dagegen, wie Schwefel- und Phosphorwasserstoff (HS und H_3P) und Ammoniak (NH_3) lassen sich nicht so sicher quantitativ verfolgen.

§. 323. Zwei gesunde, kurz vorher getödtete Pferde, die mit Hafer und Heu gefüttert worden, gaben mir z. B. in Volumprocenten:

	20jähriger Wallach:					Alte Stute:		
	Magen.	Oberer Theil des Dünndarmes.	Unterer Theil des Dünndarmes.	Blinddarm.	Mastdarm.	Magen.	Mitte des Dünndarmes.	Blinddarm.
Kohlensäure . . .	44,35	18,88	19,41	77,70	47,94	55,64	41,78	71,59
Kohlenwasserstoff ($C_2 H_4$)	0,90	0,45	0,77	4,09	11,82	—	4,98	6,96
Schwefelwasserstoff	2,70	1,61	1,46	2,02	0,54	4,92	4,52	3,71
Wasserstoff . . .	0,66	—	0,08	4,67	13,82	13,29	0,02	0,20
Sauerstoff	7,16	5,76	4,97	—	—	0,77	—	—
Ammoniak	—	—	—	1,29	1,49	—	—	1,22
Stickstoff	44,23	73,35	73,31	10,23	24,39	25,38	48,70	16,32
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

§. 324. Diese Gasmischungen liefern nicht den reinen Ausdruck der durch den Umsatz der Nahrungsmittel frei gewordenen Luftarten, weil Atmosphäre in den Magen eingeführt wird, eine Wechselwirkung mit dem Blute stattfindet und der Inhalt der Darmtheile einzelne Gase binden kann. Man sieht aber, dass schon der Magen dieser Pflanzenfresser ein Gas enthält, dessen Zusammensetzung sich durch die blosse Lösung der Eiweisskörper (§. 321) und die Zuckergährung des Stärkemehls (§. 210) nicht erklären lässt. Die Bildung von Essig- oder Buttersäure reicht ebensowenig zur Erläuterung hin. Geringe Mengen von Sauerstoff gehen noch bisweilen in den Dünndarm über. Der Kohlenwasserstoff und das Ammoniak werden erst in den dicken Gedärmen in grösseren Mengen frei. Wenn auch die gefundenen Werthe des Schwefelwasserstoffes die unzuverlässigsten der Natur der Sache nach sein müssen, so verrieth sich doch schon seine Anwesenheit durch den Geruch in allen Abschnitten des Nahrungscanales.

§. 325. Es versteht sich von selbst, dass die quantitativen Verhältnisse und selbst die Existenz einzelner Gase, wie des Wasserstoffs, des Kohlenwasserstoffs und des Schwefelwasserstoffs, mit der Verschiedenheit der Nahrungsmittel und der Thiere wechseln werden. Die früheren Analysen von Magendie und Chevreul, die an Hingerichteten, und die von Chevillot, welche an älteren Leichen gemacht wurden, führen im Wesentlichen zu den gleichen Schlüssen, wenn man sich auf die Kohlensäure, den Sauerstoff, den Wasserstoff und den Kohlenwasserstoff beschränkt.

Pflanzliche und thierische Wesen im Darme.

§. 326. Da viele pflanzliche und thierische Schmarotzer von den Verdauungssäften nicht bewältigt werden, so findet man häufig solche lebende Wesen in dem Verlaufe des Nahrungscanales. Die freie Säure des Magensaftes und der gährenden Nahrungsmittel begünstigt hier, wie überall, die Schimmelentwickelung. Die schleimigten Massen, welche die unteren Theile der Zahnkronen überziehen, enthalten nicht selten mikroskopische gegliederte Fäden und Infusorien (*Denticola hominis Fic.*). Das Erbrechen führt bisweilen jene eigenthümlichen vegetabilischen Schmarotzer, die man mit dem Namen der Sarcine (Taf. II. Fig. XVIII.) bezeichnet hat. Hefeschimmel (Taf. II. Fig. XIX), Hygrocrocisarten und andere Fadenpilze können in allen Theilen des Nahrungscanales, vorzüglich von Pflanzenfressern, angetroffen werden. Wir werden endlich in der Zeugungslehre sehen, dass viele Eingeweidewürmer in dem Darme nisten, während andere von den Verdauungssäften angegriffen und hierdurch vernichtet oder zu theilweisen weiteren Umwandlungen angeregt werden.

Einsaugung.

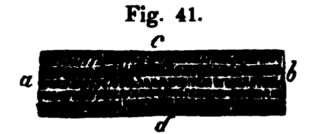
Lymphe und Chylus.

§. 327. Der Uebertritt in das Blut bildet die unmittelbare oder mittelbare Folge der Einsaugung oder Absorption. Viele Verbindungen durchsetzen die Wände der Blutgefässe. Andere dagegen dringen zuerst in das Innere der Saugadern oder der Lymphgefässe der Wirbelthiere und werden später von ihnen aus dem Blute einverleibt. Diese beiden Möglichkeiten kehren in allen Körpertheilen, die Blut- und Lymphgefässe besitzen, wieder. Sind viel Fette von den Saugadern aufgenommen worden, so erhält hierdurch ihr Inhalt eine emulsionsartige Beschaffenheit (§. 75). Da ihn dann seine weisse Farbe von der gewöhnlichen gelblichen Lymphe unterscheidet, so bezeichnet man ihn mit dem Namen des Milchsaftes oder des Chylus. Er kommt in den Saugadern der Verdauungswerkzeuge, besonders des Dünndarmes, am häufigsten vor. Man nennt daher auch diese die Milchsaftgefässe, obgleich sie sonst mit den übrigen Saugadern übereinstimmen.

Porosität der Gewebe.

§. 328. Die physikalischen Erscheinungen führen zu der Annahme, dass die letzten Molecüle der Körper durch Zwischenräume wechselseitig getrennt werden. Der lockere Zusammenhang der Pflanzen- und der Thiergewebe fügt noch andere verhältnissmässig grössere Lücken, von denen man aber die meisten selbst unter dem Mikroskope nicht sieht, hinzu Man muss sich daher einen scheinbar dichten organischen Theil *abcd*, Fig. 41, als eine Masse denken, die von einer beträchtlichen Zahl feiner Spalträume in allen Richtungen durchzogen wird. Die Lücken wirken wie Haarröhrchen. Die Aufnahme der Flüssigkeiten findet nicht nur keine Schwierigkeiten, sondern wird noch durch die Kräfte der Capillaranziehung, die Adhäsionsthätigkeiten, unterstützt.

Fig. 41.



Durchdringen fester Theile.

§. 329. Manche Forscher haben nach ihren Beobachtungen angenommen, dass kleine feste Körper, wie Körnchen von Kohle, Schwefel und selbst von Stärkemehl, in die Blut- oder wenigstens in die Lymphgefässe ohne Weiteres gelangen können. Quecksilberkügelchen sollten nach dem Gebrauche von Quecksilbersalbe im Blute gefunden werden. Die meisten dieser Erfahrungen beruhen wahrscheinlich auf Täuschungen, weil die untersuchten Massen des Blutes oder der Lymphe nur zu leicht nachträglich verunreinigt werden. Es wäre dessenungeachtet möglich, dass harte spitze Körper hin und wieder mechanisch eingezwängt werden.

Gas- und Hydrodiffusion.

§. 330. Flüssigkeiten, die sich nicht abstossen, vertheilen sich unter einander bei gegenseitiger Berührung, ohne dass man diese Erscheinungen aus gröberen mechanischen oder thermischen Einwirkungen genügend erklären könnte. Die Art und Weise, wie dieses geschieht, hängt zum Theil von ihrer Molecularbeschaffenheit, zum Theil aber auch von äusseren Nebenverhältnissen, z. B. dem Drucke, der Temperatur ab. Die Wechselwirkung der elastischen Flüssigkeiten führt auf diese Art zur Gasdiffusion und die der tropfbaren zur Hydrodiffusion. Wenn poröse feste Körper zwischen ihnen eingeschaltet sind, so liefern die gröberen oder feineren Lücken die nöthigen Mittelwege. Die Erscheinungen der sogenannten Endosmose und Exosmose schliessen noch die letztere Nebenbedingung in sich.

Durchtränkung.

§. 331. Ein tropfbar flüssiger oder ein fester Körper nimmt elastisch flüssige bei der Gasabsorption (§. 63), ein flüssiger feste bei der Lösung und ein fester flüssige bei der Durchtränkung, der Quellung oder der Imbibition auf. Anziehungserscheinungen, die nicht bis zur sogenannten chemischen Wechselwirkung durchdringen, liegen allen diesen Verhältnissen zum Grunde. Die Thatsachen, dass ein absorbirender Körper entgegenstehende Spannkräfte eines Gases gänzlich überwinden kann, die Veränderungen der Eigenschwere, der Koch- und der Gefrierpunkte, der specifischen Wärme, zu denen die Lösungen führen, die Unterschiede der Diffusionen verschiedener Auflösungen unter einander oder mit derselben Grundflüssigkeit und die ungleichen Dichtigkeitsgrade der Durchtränkungsflüssigkeit und der einwirkenden Lösung führen zu der Ueberzeugung, dass keine indifferente Zusammenlagerung der Molecüle in allen jenen Erscheinungen vorhanden ist.

Quellungsmaximum und Quellungsverhältniss.

§. 332. Ein trockener, fester, zur Durchtränkung geeigneter Körper nimmt eine passende Flüssigkeit Anfangs schneller, als später auf. Ist nun die Imbibitionsgeschwindigkeit mit der Zeit Null geworden, so enthält er das Quellungsmaximum. Die gegenseitigen bei diesen stattfindenden Beziehungen der gleichen Volumens- oder Gewichtseinheiten des aufnehmenden festen und des aufgenommenen flüssigen Körpers, liefern das Quellungsverhältniss.

§. 333. Die Bestimmung der hierher gehörenden Zahlenwerthe stösst auf beträchtliche Schwierigkeiten, weil schon das Gewicht des ausgetrockneten Körpers und noch weniger das der durchtränkten mit vollkommen genügender Schärfe ermittelt werden kann. Rechnet man nun noch die Einflüsse des eigenthümlichen Baues der gebrauchten thierischen Häute und der während des Versuches eingreifenden Aenderungen der Elasticitätscoef-

ficienten, der chemischen Zusammensetzung, der Temperatur und des Druckes hinzu, so ergiebt sich, dass sich hier nur ungefähre Zahlen in günstigen Einzelfällen gewinnen lassen.

§. 334. Ist eine thierische Haut in einer Salzlösung aufgequollen, so besitzt die aufgenommene Flüssigkeit, nach Ludwig [10]) und Cloetta, eine andere Dichtigkeit, als die ursprünglich dargebotene. Die der ersteren verhielt sich zu der der letzteren, wenn der trockene Herzbeutel des Ochsen durchtränkt wurde, wie 0,8 : 1 für Kochsalzlösungen der verschiedensten Concentration. Eine verdünnte Glaubersalzlösung (4,8 %) gab 0,57 : 1 und eine stärkere (11,7 %) 0,89 : 1. Die thierische Haut nimmt also verhältnissmässig mehr Wasser, gleich anderen hygroskopischen Körpern auf. Lässt man sie in einer Mischung von Koch- und Glaubersalz quellen, so geht zwar eben so viel Kochsalz, aber weniger Glaubersalz, als wenn jeder dieser Körper allein dargeboten wird, über. Dieses Missverhältniss wächst mit der Menge des vorhandenen Kochsalzes.

§. 335. Bruecke schloss aus physikalischen Versuchen, die er mit Wasser und Terpentinöl anstellte, dass die Bestandtheile einer Auflösung, welche in feinen Poren enthalten ist, je nach der Oertlichkeit der Adhäsionsverhältnisse abweichen. Die Wandschichten enthalten mehr Wasser und die centralen grössere Mengen des gelösten Körpers. Ludwig findet eine Bestätigung dieses Satzes darin, dass die aus einer durchtränkten Haut gepresste Flüssigkeit dieselbe Dichtigkeit, wie die ursprünglich zur Imbibition gebrauchte, besitzt, während das gesammte aufgenommene Fluidum wässeriger als diese ausfällt. Buchheim dagegen sucht diese Erscheinung nicht auf physikalische Adhäsions-, sondern auf chemische Anziehungswirkung zurückzuführen. Das überschüssige Wasser ist in der Blase hydratartig gebunden.

Filtration.

§. 336. Die Wirkung der Anziehungskräfte, welche die Adhäsionserscheinungen bedingen und durch die auch die Flüssigkeiten in einem durchtränkten Körper zurückgehalten werden, nimmt mit der Entfernung schnell ab. Grosse Poren lassen daher die Flüssigkeit durch ihre eigene Schwere austreten. Sind sie in kleineren eingeschlossen, so werden ihre centraleren Abschnitte von einem äusseren Drucke leichter überwunden. Da er aber zugleich, wie ein Zuggewicht, auf die Substanz des festen Körpers wirkt und ihn, so weit es die Elasticitätsgrösse gestattet, dehnt, folglich die Poren erweitert, so wird er um so eher Flüssigkeiten durchtreiben. Der hydrostatische Druck führt auf diese Weise zur Filtration der tropfbaren Flüssigkeiten.

§. 337. Die thierischen Häute liefern die feinsten Filtrirapparate. Wenn man z. B. rothes Blutserum des Pferdes in einer Röhre *a*, Fig. 42 a. f. S., die mit der Haut *bc* des Milchbrustganges geschlossen ist, $^2/_3$ Meter hoch aufschichtet, so geht dessenungeachtet kein Blutkörperchen (Taf. II. Fig. XXIV. *a*) durch. Milchkörperchen (Taf. V. Fig. LXXX. *a*) traten zwar durch Filtrirpapier, das frisch gefällte kleesaure Kalkerde zurückhielt, bei einer Druckhöhe von 1,4 Centimeter. Die abgewaschene Dünn-

darmschleimhaut des Menschen wies sie aber noch unter einem 10 Mal so grossen hydrostatischen Drucke zurück.

Fig. 42.



§. 338. Es kann in solchen Filtrationsversuchen, die man mit thierischen Häuten anstellt, vorkommen, dass die durchgegangene Flüssigkeit eine andere Dichtigkeit als die obere noch zurückgebliebene besitzt. Um die Fehler, welche die Verdunstung erzeugen würde, möglichst zu verkleinern, versetzt man den ganzen Filtrirapparat *gd*, Fig. 42, in ein über Wasser *ef* umgestürztes Glas, dessen Luft daher immer mit Wasserdampf gesättigt bleibt. Eine etwas stärkere Wasseranziehung von Salzlösungen ist in diesem Falle allerdings möglich. Kochsalzlösung ging in solchen Versuchen ohne merkliche Dichtigkeitsveränderung durch Pferdepleura durch. Das Filtrat *d* von wässerigem Hühnereiweiss oder Blutserum dagegen war wässeriger geworden.

Eigenthümliche Anziehung.

§. 339. Die Quellungserscheinungen lehren schon, dass es von den Nebenverhältnissen abhängen kann, ob eine Flüssigkeit aufgenommen wird oder nicht. Man kann das ungeleimte Papier oder eine thierische Haut mit Wasser oder Oel nach Belieben durchtränken. Ist sie aber in einer dieser beiden Flüssigkeiten aufgequollen, so weisen ihre feineren Poren die andere zurück. Wird ein solcher fester Körper zur Endosmose (§. 330) benutzt, so kehrt das Gleiche wieder. Es muss also hier immer die Scheidewand die wechselseitig einwirkenden Lösungen durchdringen lassen.

Endosmose.

§. 340. Sind zwei Flüssigkeiten durch eine poröse Wand getrennt worden, so hört ihre Wechselwirkung erst dann auf, wenn ihre Diffusionswirkung ihr Maximum erreicht hat. Diese Bedingung fällt aber nicht immer mit der Gleichheit der Eigenschwere zusammen. Die Beschaffenheit der beiderseitigen Flüssigkeiten führt zu Verschiedenheiten der Stärke und der Geschwindigkeiten der Ströme, die man dem Volumen oder dem Gewichte nach zu messen suchte.

Endosmometer.

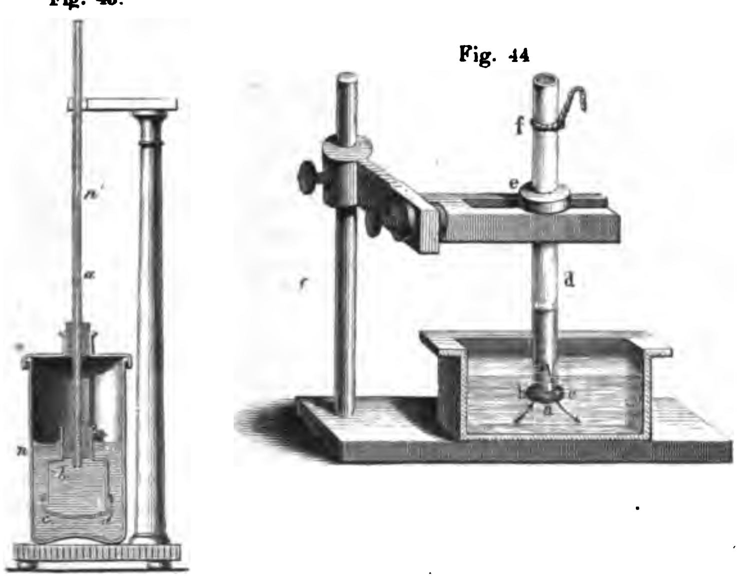
§. 341. Die Endosmometer sollen den ersteren Zweck erfüllen. Fig. 43 zeigt uns diesen Apparat in einfachster Form. Die eine Flüssigkeit *b* befindet sich in einem Behälter, der oben eine graduirte Steigröhre *a* trägt, unten von der porösen Scheidewand *bc* geschlossen und dann in die äussere Flüssigkeit *n* versenkt wird. Hat man nun die innere Flüssigkeit *b* bis *n'* z. B. aufgeschichtet, so wird man den Stand des Spiegels, den sie später ober- oder unterhalb *n'* einnimmt, an der Scale von *a* ablesen können. Die Volumensveränderung des inneren Fluidum *b* lässt auf die des äusseren zurückschliessen.

§. 342. Die thierische Haut *bc*, Fig. 43, steht unter dem Drucke der Flüssigkeitshöhe *cn'* am Anfange des Versuches. Geht der Spiegel *n'* in der Folge hinauf oder hinunter, so ändert sich auch die hydrostatische Druckgrösse und in vielen Fällen der Porositätszustand, folglich die Wir-

kungsweise der thierischen Haut. Man hat daher noch complicirtere Endosmometer, z. B. das von Vierordt, welche diesen Uebelstand von Zeit zu Zeit beseitigen lassen und eine unmittelbare Messung der beiderseitigen Flüssigkeitsvolumina gestatten.

Fig. 43.

Fig. 44



§. 343. Die Gewichtsbestimmungen führen unmittelbar zur Feststellung der von Jolly zuerst erläuterten endosmotischen Aequivalente, d. h. derjenigen Grössen, in denen sich zwei Körper in Folge der Endosmose gegenseitig ersetzen. Nehmen wir an, die in *bc* mit einer thierischen Haut geschlossene Röhre *d*, Fig. 44, die eine gewogene Menge von Kochsalz enthält, sei in einem mit Wasser gefüllten Becken *a* versenkt, so wird Wasser durch *bc* nach der Durchtränkung eindringen und eine concentrirte Kochsalzlösung bereiten. Der bewegliche Arm *e* des Statives gestattet es, dass man jetzt und später die Spiegel der beiden Flüssigkeiten auf gleicher Höhe erhält. Der Verlauf der Endosmose bedingt es aber, dass Kochsalz von *d* nach *a* und Wasser von *a* nach *d* vordringt. Dieses setzt sich so lange fort, bis sich beide Flüssigkeiten möglichst ausgeglichen haben. Hat das in *a* befindliche Wasser ein grosses Volumen oder wird es immer von Zeit zu Zeit gewechselt, so bleiben zuletzt nur Spuren von Kochsalz in ihm und in *d* zurück. Ist es so weit gekommen, dass *d* eine Flüssigkeit, die nur noch Minima von Kochsalz führt, einschliesst, so bestimmt man das Gewicht der jetzt in *f* an dem Wagebalken aufgehängten Röhre und durch Rückwägen das der enthaltenen Flüssigkeit. Die Menge, welche einer Gewichtseinheit des ursprünglich gebrauchten Kochsalzes entspricht, bildet das endosmotische End-Aequivalent. Jolly erhielt z. B. auf diese Weise 3,8 bis 4,6 Grm. Wasser für 1 Grm. krystallisirten Kochsalzes. Das mittlere End-Aequivalent dieses Körpers wäre hiernach 4,2. Schwefelsäure gab 0,4, Weingeist 4,1 bis 4,3, Zucker 7,0 bis 7,2, Gummi 11,8 (?), Glau-

Endosmotische Aequivalente.

bersalz 11,0 bis 12,4, schwefelsaure Bittererde 11,5 bis 11,8 und Kalihydrat 200,0 bis 231,4. Eine mit Weingeist gereinigte und vorher getrocknete Schweinsblase diente in allen diesen Fällen als Scheidewand.

§. 344. Es ist nicht nöthig, den Versuch bis zum Ende zu verfolgen. Man kann die Beobachtung zu einer beliebigen Zeit unterbrechen, und z. B. nachsehen, wie viel Kochsalz jede der beiden Flüssigkeiten enthält. Würde das endosmotische Aequivalent eine constante Grösse bilden, wenn man die gleiche Haut unter denselben Temperatur- und Druckverhältnissen wirken lässt, so müsste man hier denselben Werth bei jeder beliebigen Beobachtungsdauer bekommen. Dieses ist aber, nach Ludwig, nicht der Fall, d. h. die Aequivalentwerthe wechseln mit der Dichtigkeit der Flüssigkeiten. Man hat also variable Partialäquivalente. Andere Wechselerscheinungen treten noch hervor, wenn man zwei verschiedene Salzlösungen statt einer auf Wasser wirken lässt. Die Mannigfaltigkeit der Nebenbedingungen, welche in den schwankenden Kräften der thierischen Häute, den wirkenden Lösungen, den Druck- und den Temperaturverhältnissen liegen, gestattete es noch nicht, die Grössen der endosmotischen Aequivalente sicher festzustellen und sie physiologisch zu verwerthen.

Schnelligkeit der Durchdringung.

§. 345. Dickere thierische Häute, wie die Wände der dünnen Gedärme, der Aorta, der unteren Hohlvene, werden von den ersten Endosmoseströmen rasch durchdrungen. Eine Auflösung von blausaurem Eisenkali (Fe Cy + 2 K Cy + 3 HO), die sich mit einer Eisenchloridlösung ($Fe_2\,Cl_3$) diffundirte, brauchte weniger als eine Secunde, um die $1^1/_2$ Mm. dicke Dünndarmschleimhaut unter einem Drucke von 1,6 Mm. Quecksilber zu durchlaufen. Verstärkte man die Druckhöhe auf 3 bis 4 Centimeter Quecksilber, so liess sich die Zeitdauer ihrer Kleinheit wegen nicht mehr schätzen. Die Diffusionsströme werden daher im lebenden Körper im Augenblicke beginnen und die Wände der Blutgefässe in Bruchtheilen von Secunden durchsetzen.

Einfluss der Dichtigkeit.

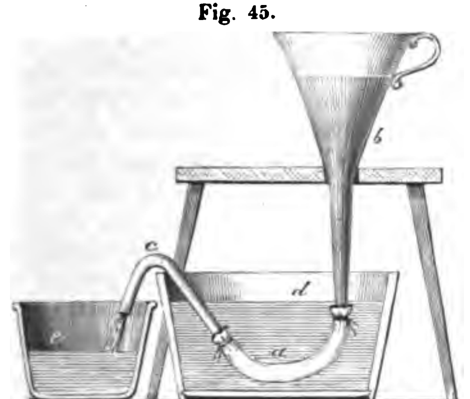
§. 346. Die Menge der in einer Zeiteinheit übertretenden Flüssigkeit wächst mit den gegenseitigen Unterschieden der Dichtigkeit und der Anziehungsgrössen. Die Diffusionsgeschwindigkeit nimmt deshalb im Laufe der Wirkungsdauer ab. Vierordt liess 100 Quadr.-Centimeter Kochsalzlösung von verschiedener Concentration auf 100 C. C. Wasser durch eine Blasenfläche von 12,88 C. C. 5 Stunden lang in einer Reihe von Versuchen wirken. Hatte die Lösung 13,9 Grm. Kochsalz enthalten, so nahm das Wasser um 3,45 C. C. ab. Glich dagegen die ursprünglich vorhandene Salzmenge 30,2 Grm., so betrug der entsprechende Werth 5,4 C. C. Obgleich die Temperatur 10° C. in beiden Fällen geblieben war, so fiel doch die Volumenszunahme der ursprünglich dichteren Salzlösung in Vergleich mit der grösseren Stärke ihrer Concentration kleiner aus. Dieses erklärt sich daraus, dass Anfangs mehr Salz in das Wasser überging, die beiden Flüssigkeiten dem wechselseitigen Gleichgewichtszustande früher entgegenrückten und die Geschwindigkeit der Diffusion im Laufe der Versuchszeit um so mehr abnahm.

Strömung der reinen Flüssigkeit.

§. 347. Man kann die Nachtheile, welche die allmälige Annäherung des Gleichgewichtszustandes erzeugt, verhüten und den Diffusionsstrom

verstärken, wenn man z. B. die in einem Blutgefässe *a*, Fig. 45, enthaltene Flüssigkeit fortwährend durchgehen lässt. Der Gegensatz des inneren Fluidum *a* und des äusseren *d* wird hierdurch wach erhalten. Die durchgreifenderen Anfangserfolge der Endosmose und Exosmose sind daher für längere Zeiträume gesichert. Die Blutbewegung des lebenden Körpers leistet ähnliche Dienste. Wenn auch die Secundengeschwindigkeit derselben nur ungefähr $^1/_2$ Mm. in den Haargefässen beträgt, so reicht dieses doch hin, um die Endosmose einzuleiten (§. 345). Der Durchtritt ist aber so schnell vollendet, dass jede wesentliche Verzögerung der Wirkung durch die Länge des Aufenthaltes beseitigt wird.

Fig. 45.



§. 348. Die Wege, welche die zur Einsaugung dargebotenen Flüssigkeiten einschlagen, hängen von der Beschaffenheit der benachbarten Gewebtheile wesentlich ab. Sie können trockene Hornmassen durchtränken, in das Innere feuchter Epithelialzellen dringen und zwischen diesen Gebilden fortrücken. Sie diffundiren sich dann mit der sogenannten Ernährungsflüssigkeit, welche die weicheren aufgequollenen Gewebtheile umgiebt. Erst diese Mischung tritt mit dem Blute und der Lymphe in Wechselwirkung.

Wege der Einsaugung.

§. 349. Lassen wir die später zu betrachtenden eigenthümlichen Einflüsse der Gewebe unbeachtet, so wird zunächst die Dichtigkeit der zur Einsaugung dargebotenen wässerigen Lösung den Erfolg bestimmen. Der durchschnittliche Wassergehalt des Blutes beträgt 79%, der Blutflüssigkeit 90% und der der Lymphe 93 bis 94%. Das Trinkwasser, das z. B. nur $^1/_{20}$ % festen Rückstandes führt, wird in grosser Menge in die Lymphe und in noch grösserer in das Blut übertreten. Eine ähnliche Beziehung kehrt für die meisten Getränke, und selbst für Verdauungssäfte, die sich nicht durch die Auflösung der Nahrungsmittel zu sehr verdichten, z. B. den verschluckten Mundspeichel, die Galle, den Pancreassaft wieder.

Einsaugung von Wasser.

§. 350. Wenn eine sehr wässerige Lösung Schleim enthält, so kann sie verhältnissmässig mehr Wasser als Schleim endosmotisch abgeben. Die sehr verdünnten Lösungen, die wir als Getränke genossen haben, werden daher rascher als die schleimigten Massen des Speisebreies entfernt.

§. 351. Die Salzlösungen, die unmittelbar eingeführt oder erst mit Hülfe der Getränke und der Verdauungssäfte erzeugt werden, liefern keine so einfachen Verhältnisse, als man nach den gegenwärtigen Kenntnissen der Endosmoseerscheinungen erwarten sollte. Die abführenden Salze können dieses am deutlichsten beweisen. Liebig nahm an, dass sie in fester Form oder in ihren concentrirten Lösungen beträchtliche Wassermengen anziehen und daher Durchfälle erzeugen. Es liesse sich hiernach vermu-

Abführende Salze.

then, dass sie grosse endosmotische Aequivalente unter den Verhältnissen, in welchen sie sich im Darme befinden, besitzen werden. Die künstlichen Versuche, die man mit Blase anstellte, lehrten aber wenigstens, dass die hier gewonnenen Werthe der Endäquivalente den Wirkungen im lebenden Körper nicht immer entsprachen. Aubert erhielt 3,9 bis 4,2 für das Bittersalz der Apotheken und 4 bis 6,2 für den Brechweinstein, der schon in kleinen Gaben Durchfall erzeugt, während das kohlensaure Natron der Pharmakopöen 8,7 ergab. Ein anderer Umstand spricht noch entschiedener gegen jene Vorstellung. Das Maximum der entfernten Flüssigkeit könnte nur so viel betragen, als dem Endäquivalente der gebrauchten Salzmenge entspricht. Die Erfahrung lehrt aber, dass mehr entleert wird, wenn man selbst die früheren Inhaltsmassen des Darmes abzieht. Die davongehenden Flüssigkeiten können sogar noch merkliche Quantitäten des abführenden Salzes enthalten.

§. 352. Da das Kochsalz die Uebertrittsmengen des neben ihm vorhandenen Glaubersalzes, nach Cloetta, herabsetzt, ohne in seiner eigenen endosmotischen Wirkung beeinträchtigt zu werden, so könnte man glauben, dass die abführenden Salze in concentrirterem Zustande im Darme zurückgehalten würden und daher immer neue Wassermengen anziehen, bis sie selbst gänzlich fortgespült werden. Es würde sich hiernach scheinbar erklären, weshalb nicht concentrirte Lösungen von Bittersalz in grösseren Mengen abführend wirken. Die kleinen Gaben des Brechweinsteins, die Durchfall erregen, lehren aber, dass auch diese Hypothese keine allgemeine Anwendung gestattet.

Einfluss der Flüssigkeit und der Scheidewand.

§. 353. Der Zucker und die Milchsäure scheinen oft langsam aufgenommen zu werden. Zweierlei Ursachen können hier zum Grunde liegen. Die Anwesenheit von Eiweiss, von Schleim oder anderen zähen Massen, wie Gummi, kann die endosmotischen Vorgänge verzögern oder schwächen. Trennt man aber Weingeist und Wasser durch ein Stück von Blasenhaut, so fällt der Wasserstrom, der zum Weingeist übertritt, stärker als der entgegengesetzte aus. Eine Kautschukscheidewand liefert das Umgekehrte. Wässeriger Weingeist, der durch Blase von der Luft abgesperrt ist, wird nach und nach concentrirter, weil der Membranstoff mehr Wasser, das nachträglich verdunstet, anzieht. Diese Erscheinungen liefern einen deutlichen Nachweis, dass die Beschaffenheit der porösen Scheidewand einen nachdrücklichen Einfluss auf die Endosmose ausübt.

Einsaugung der Fette.

§. 354. Die Einsaugung der Fette lässt sich nach den bekannten physikalischen Gesetzen nicht erläutern. Da eine mit Wasser oder wässerigen Lösungen durchtränkte thierische Haut Oel zurückweist, so bleibt es auf den ersten Blick räthselhaft, wie die geschmolzenen neutralen Fette in die Innenräume der Gefässe gelangen können. Seifen durchsetzen zwar die mit Wasser gefüllten Poren thierischer Häute. Sperrt man Oel und Kalilösung durch eine Membran gegenseitig ab, so tritt etwas von der Fettmasse nach der letzteren über. Das alkalische Blut und die alkalische Lymphe könnten möglicher Weise ähnlich wirken. Ein grosser Theil der Fette kehrt aber im Milchsafte in neutralem Zustande wieder. Die Verseifung, welche durch das Natron der Galle oder die alkalische Beschaffenheit des Blutes und der Lymphe möglich wird, dürfte daher nur höchstens

einen kleinen Bruchtheil der Fette zum Uebergange bestimmen. Glycotaurocholsaures Natron, das vorher durch Weingeist und Aether von jeder fettigen Beimischung gereinigt worden, soll, nach Wistinghausen, den Durchgang bedeutenderer Oelmengen möglich machen. Man könnte sich hieraus erklären, weshalb Hunde, in denen eine Gallenblasenfistel angelegt worden, weniger Fett einsaugen (§. 311) und einen minder milchweissen, fettärmeren und gerinnbareren Chylus, nach Bidder und Schmidt, liefern. Eine allgemein gültige Erklärung lässt sich aber hieraus nicht ableiten. Die Saugadern des Magens von Kaninchen, die noch Muttermilch nehmen, und selbst von erwachsenen Hunden, die viel Milch genossen haben, sind oft mit weissem Chylus gefüllt. Es scheint daher vorläufig am meisten für sich zu haben, dass die zu verdauenden Fette, wenn sie im Darme emulsionsartig vertheilt werden, Hüllen von wasserdurchtränkten Stoffen bekommen. Sie können dann vielleicht unter dem Drucke der Darmbewegungen weiter vordringen und endosmotisch angezogen werden.

Eigenthümliche Einsaugungserscheinungen.

§. 355. Man stösst noch auf viele andere Einsaugungserscheinungen, deren Ursachen sich nicht genauer angeben lassen und die theils von der Natur der dargebotenen Körper, theils von der Beschaffenheit der porösen Scheidewände abhängen. Es gehört zu den glücklichen Ausnahmen, wenn man ähnliche Erscheinungen in künstlichen Versuchen zu Stande bringt. Der Schlüssel einer wahren Erklärung mangelt aber in jedem Falle.

§. 356. Ist eine Mischung von Eiweiss- und Kochsalzlösung durch die Darmschleimhaut oder, nach Brücke und Mialhe, durch die Schalenhaut des Eies von Wasser abgesperrt worden, so tritt das Eiweiss später als das Chlornatrium durch. Das Salz begiebt sich noch eine Zeit lang in vorherrschender Menge zum Wasser. Wir finden daher auch, dass Eisenkaliumcyanür oder Blutlaugensalz ($FeCy + 2KCy + 3HO$) im nüchternen Magen weit rascher, als bei der Anwesenheit von Speisebrei eingesogen wird. Etwas Aehnliches wiederholt sich wahrscheinlich für viele andere Salze. Die oben angeführten Thatsachen geben zugleich einen Fingerzeig, weshalb eine gallertige Masse im Speisebrei lange zurückbleibt und oft noch in den Zwölffingerdarm übergeführt wird.

§. 357. Der verhältnissmässige Ueberschuss der Talkerdensalze, dem man in dem Kothe begegnet (§. 320), lässt sich aus den Löslichkeitsverhältnissen allein nicht erklären. Es ist eben so wahrscheinlich, dass auch sonst noch die Coëxistenz anderer Verbindungen gewisse Mengen einzelner Körper, die vielleicht für sich allein vollständig aufgesogen würden, im Darme zurückhält.

Verschiedenheit der Einsaugungsflächen.

§. 358. Die Einsaugungsflächen selbst liefern oft auffallende Unterschiede. Man kann sich an den Fröschen leicht überzeugen, dass wässerige Blausäure, Opiumtinctur, Lösungen von salpetersaurem Strychnin, Bilsenkraut- oder Tollkirschenextract, Aether, Terpentinöl rascher und kraftvoller wirken, wenn sie in den Mastdarm, als wenn sie in den leeren Magen eingeführt werden. Restelli und Stambio haben das Gleiche für die Säugethiere bestätigt. Während das Einsaugungsvermögen der mit der stark verhornten Oberhaut bekleideten Aussenfläche des Körpers vor der vollständigen Durchweichung auffallend klein bleibt, zeichnen sich die

Oberflächen der Athemwege in entgegengesetztem Sinne aus. Gase, wie Schwefelwasserstoff, Dämpfe des Jods, des Ammoniaks, des Aethers, gehen hier sehr rasch über. Das Wasser wird so schnell eingesogen, dass man 30 Liter in die Lungen eines Pferdes spritzen kann, ohne dass das Thier zu Grunde geht. Alle nachhaltigen Beschwerden können in diesem Falle ausbleiben. Das Curarin, das den ganzen Darm ohne Nachtheil durchläuft. tödtet in kurzer Zeit, wenn es in Pulverform in die Lungen eingeführt wird (§. 31).

§. 359. Pferde, die kurz vor dem Tode getrunken haben, führen häufig beträchtliche Wassermengen in den dünnen und selbst den dicken Gedärmen. Wenn auch diese Erfahrung für die Einsaugungsverhältnisse wenig beweist, so deuten doch die Beobachtungen von Bouley einen merkwürdigen Unterschied in den Absorptionsthätigkeiten der einzelnen Abschnitte des Nahrungscanales an. Hat man den Pförtner (*h*, Fig. 25, S. 57) des Pferdes unterbunden und eine wässerige Lösung des Brechnussextractes in den Magen gebracht, so zeigt sich nach 10 Stunden kein Vergiftungssymptom. Ist dagegen die Unterbindung gelöst worden, so kann die in den Dünndarm übergetretene Flüssigkeit ihre verderblichen Wirkungen in weniger als einer Viertelstunde geltend machen.

§. 360. Wir haben §. 31 gesehen, dass das Viperngift und manche andere Gifte ohne Nachtheil in den Magen eingeführt werden. Mischt man aber jenes mit Magensaft, so verliert es hierdurch, nach Bernard, seine schädlichen Wirkungen keineswegs. Man darf hiernach vermuthen, dass die Permeabilitätsbedingungen der Magenhaut die Ursache jener Erscheinung bilden. Emulsin und Diastase sollen thierische Häute, welche eine Diffusion der Salze gestatten, nicht durchsetzen.

Druck.

§. 361. Die Druckverhältnisse können die Einsaugung wesentlich bestimmen. Hat man möglichst viel Wasser in das Gefässsystem eines Hundes gespritzt, so soll, nach Magendie, die Wirkung eines in den Lungenfellsack gebrachten Giftes so lange ausbleiben, bis die Spannung der Gefässwände durch einen starken Aderlass herabgesetzt worden. Blutverluste und selbst die Schweissbildung, ja die fortwährende Verdunstung an den freien äusseren und inneren Körperflächen begünstigen die Einsaugung durch die geringere Wirkungsgrösse des Seitendruckes, der auf den Gefässwänden lastet.

Uebergang in Lymphe oder Blut.

§. 362. Die flüssigen Verbindungen des Darminhaltes können in das Blut, die Lymphe oder in beide zugleich übertreten. Man ging in dieser Hinsicht von der Vorstellung aus, dass die Eigenthümlichkeit der aufnahmsfähigen Stoffe den Weg bestimmt. Die Unrichtigkeit dieser Voraussetzung führte zu mannigfachen Widersprüchen und Irrungen, als man die Erfahrung zu Hülfe zog.

§. 363. Manche Körper, wie die Fette, lassen sich im Milchsafte leichter als im Blute erkennen, weil sie in jenem mechanisch vertheilt, in diesem hingegen in der Regel chemisch gebunden sind. Nur Thiere, die an der Mutterbrust saugen, zeigen bisweilen weisse Streifen im Blute, weil wahrscheinlich die Menge der Fettkörper, die unmittelbar eingesogen oder durch den Milchsaft zugeführt werden, die mögliche Lösungsgrösse überschreitet. Man kann höchstens annehmen, dass eine überwiegende Menge

von Fett in die Saugadern tritt. Die Eiweisskörper gestatten nicht einmal diese im Ganzen unbestimmte Behauptung.

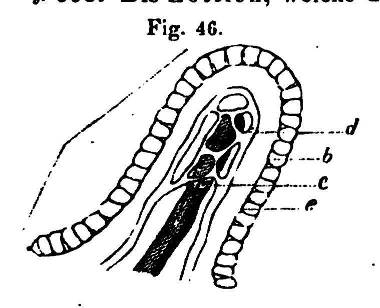
§. 364. Verbindungen, die in dem Blute oder dem Milchsafte vermisst werden, können dessenungeachtet aufgenommen, aber rasch zersetzt oder durch andere, nebenbei vorhandene organische Stoffe unkenntlich gemacht worden sein. Rechnet man nun noch die Unvollkommenheit der nicht selten gebrauchten Prüfungsmethoden und die Einflüsse der gleichzeitigen Beschaffenheit des Blutes und der Lymphe, der nebenbei vorhandenen Aufsaugungsstoffe, der Wechselverhältnisse des Druckes und der Constitution der thierischen Häute hinzu, so wird es nicht befremden, weshalb einzelne Forscher das Eisenkaliumcyanür im Milchsaft vermissten, andere dagegen es auch hier antrafen. Der Zucker, die Milchsäure, die Farbestoffe der Rhabarber und der Curcuma führten zu ähnlichen Widersprüchen. Manche Körper dagegen, wie der Weingeist, die Farbestoffe des Lackmus, der Cochenille, der Alcanna, des Gummigutt, die Riechstoffe des Terpentinöls, der Asa foetida, des Knoblauches scheinen den Chylus zu meiden. Füttert man Thiere mit passenden Nahrungsmitteln und Färberröthe oder Alizarin ($C_{20}H_6O_6 + 4HO$), so bleibt der Milchsaft weiss. Giebt man dagegen eine Reihe von Tagen blosse Färberröthe, so ist auch der Inhalt des Brustganges (*b*, Fig. 47 S. 105), nach Bouisson, roth gefärbt, weil der Farbestoff in die Körperlymphe tritt und nur diese in jenen Hauptstamm übergeführt wird. Alle diese Erfahrungen haben aber auch noch ihre bedenkliche Seite. Die Farbe- und die Riechstoffe können sehr leicht verdeckt und durch chemische Einwirkungen, z. B. schon durch den erregten Sauerstoff (§. 215) des Blutes verändert werden.

§. 365. Betrachten wir zunächst die Verhältnisse des sogenannten Milchsaftes, so bemerkt man ihn gewöhnlich in den Saugadern des Dünndarmes. Er kann aber auch in denen anderer Abschnitte des Nahrungscanales vorkommen. Er findet sich in den Lymphgefässen des Magens nach reichlichem Milchgenuss und in denen des Mastdarms nach einem fettreichen Klystiere, z. B. von Fleischbrühe. Man bemerkt ihn hier sogar bisweilen in Igeln, die schon seit Monaten in Winterschlaf verfallen sind.

Milchsaft.

§. 366. Die Zottlen, welche die Oberfläche der Dünndarmschleimhaut bekleiden und deren schematischen Längendurchschnitt Fig. 46 darstellt, tragen an ihrer Aussenseite ein Cylinderepithelium *a*, dessen Zellen *b* pallisadenartig neben einander stehen. Das mit einzelnen einfachen Muskelfasern (Taf. IV. Fig. LX) versehene Parenchym *c* enthält die Blutgefässnetze *d* und die weiter im Centrum liegenden Saugaderanfänge *e*. Man kann ungefähr 2 bis 6 Stunden nach der Entleerung bemerken, dass die in dem Dünndarm fein vertheilten Oeltropfen (§. 300) die Epithelialcylinder *b* und zwar ohne Unterschied, wie sie neben einander liegen, durchsetzen und in das Parenchym *c* gelangen. Sie dringen hier sowohl in die Blutgefässe *d* als in den Saugaderraum *e* ein.

Fig. 46.



Es kann dabei, nach Bruch[11]), vorkommen, dass ein und dasselbe Blutgefäss streckenweise weiss oder roth erscheint und selbst das trügerische Ansehen einer peripherischen Saugader annimmt. Da aber der hauptsächlichste Saugaderraum *e* in der Mitte liegt, so wird er nur diejenigen Fetttröpfchen, welche nicht in die Blutgefässe getreten sind, aufnehmen, sei es, dass jene schon ihr Maximum empfangen haben oder ein Theil der Oeltropfen auf den übrig bleibenden Zwischenwegen weiter vorgedrungen ist. Andere Stoffe, die sich dem unmittelbaren Anblicke nicht verrathen, können wahrscheinlich den gleichen Doppelweg einschlagen.

Beziehung der Blut- und der Milchsaftgefässe.

§. 367. Da die eingesogenen Stoffe den Blutgefässen früher als den Saugadern begegnen, so wird sich der Chylus mit den Resten, welche die Blutgefässe zurückgelassen haben, begnügen müssen. Es könnte sich hiernach ereignen, dass nichts mehr für den Chylus übrig bleibt. Die concentrirtere Blutmischung wird eine verhältnissmässig dichtere Lösung in dem Parenchym der Zotte dem Einflusse der verdünnteren Lymphe zu Gebote stellen. Stoffe, die das Blut austreten liess, können möglicher Weise von dieser aufgenommen werden. Man sieht hieraus, dass sich die Verhältnisse verwickelter gestalten, als wenn die Saugadern allein vorhanden wären. Die Unterbindung der Blutgefässe soll auch die Erzeugung eines regelmässigen Milchsaftes, nach Fenwick, unmöglich machen.

Einsaugung der Lymphe.

§. 368. Der Mangel der unter dem Mikroskope scharf hervortretenden Fetttröpfchen hinderte bis jetzt, die erste Aufnahme der Lymphe eben so genau wie die des Chylus zu verfolgen. Selbst die Saugaderräume der Darmzotten liefern deshalb auch keine Aufschlüsse, wenn sie nicht fettreiche Massen aufgenommen haben. Man weiss nur so viel, dass die Anfänge aller Lymphgefässe gewisse Verbindungen, die eben die Lymphe bilden, unter regelrechten Verhältnissen fortwährend empfangen, und andere, die sich ihnen zufällig darbieten, einsaugen können. Die stärkere Füllung derselben in den Extremitäten und in anderen Theilen von Wassersüchtigen scheint damit zusammenzuhängen, dass sie möglichst viel von der wasserreichen Flüssigkeit, welche dann die Gewebtheile durchdringt, aufnehmen. Ihr Einsaugungsvermögen für andere Verbindungen lässt sich durch die chemische Analyse ihres Inhaltes bei Unterbrechung des Kreislaufes darthun. Diejenigen Versuche, in denen man alle zu einer Extremität verlaufenden Arterien unterbunden und einen bestimmten Stoff in eine Wunde derselben gebracht hat, liefern hierfür die sichersten Beweise. Nicht bloss Salze, wie Eisenkaliumcyanür, sondern auch betäubende Gifte, wie salpetersaures Strychnin, werden dann aufgesogen. Sie gehen nur langsamer, als in dem kreisenden Blute weiter fort.

Bestimmung der Lymphe

§. 369. Da die Blutgefässe die verschiedensten Substanzen aufnehmen, so dürfte es auf den ersten Blick räthselhaft erscheinen, weshalb zwei verschiedene Röhrensysteme eines einzigen Hauptzieles wegen vorhanden sind. Obgleich sich die Folgen dieser Einrichtung für jetzt noch nicht vollkommen sicher darlegen lassen, so können doch einzelne Thatsachen manche Vermuthungen begründen helfen.

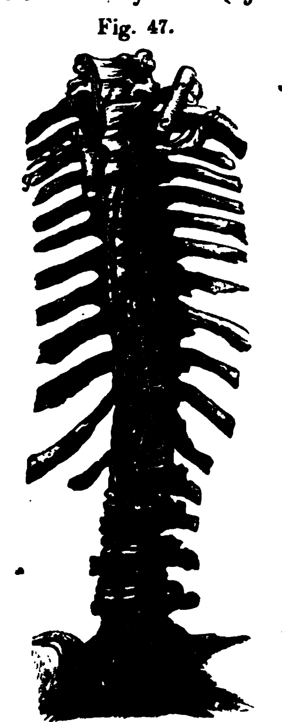
Eine eigenthümliche Flüssigkeit, das Ernährungsfluidum, erhält alle Gewebe unseres Körpers in ihrem aufgequollenen Zustande. Macht der mit ihren Thätigkeiten verbundene Massenumsatz lösliche Verbindungen

frei, so werden sie von ihr aufgenommen. Es scheidet sich umgekehrt das, was sie zu ihrer Erhaltung, ihrer Vergrösserung und ihrer Wiederherstellung nöthig haben, aus ihr aus. Wären die Blutgefässe allein vorhanden, so würden sie ausschliesslich und auf ein Mal alle abgenutzten Stoffe empfangen und nutzbare abgeben müssen. Das Saugadersystem scheint eine wesentliche Beschränkung möglich zu machen. Ihre wasserreiche Lymphe bildet ein ableitendes Flussbett, das eine durchgreifendere Veränderung der Blutmasse beseitigt und innerhalb dessen neue allmälige und verbessernde Umsatzprocesse wirken können. Die Einzelnheiten dieser allgemeinen Vorstellungsweise lassen sich für jetzt noch nicht angeben. Man darf mit Recht vermuthen, dass dieser ableitende Einfluss des Saugadersystemes einen wesentlichen Einfluss auf den später zu behandelnden Zwischenumlauf der Körpersäfte ausübt.

Lauf des Milchsaftes und der Lymphe.

§. 370. Die Einrichtung der Gefässbahnen verräth noch eine andere Wirkung der Saugadern des Nahrungscanals. Der Milchsaft des Dünndarmes begiebt sich zuerst in Netzgefässe, die in den Darmwänden liegen. Er geht von da zu den Saugadern des Gekröses (*l*, Fig. 26, S. 58), die allein oder mit anderen Lymphgefässen in die Gekrösdrüsen treten. Die Saugaderstämme des Unterleibes und der unteren Extremitäten fliessen endlich zur Milchsaftcysterne (*Cysterna chyli*, unter *a*, Fig. 47) zusammen. Diese setzt sich in den Hauptstamm des Milchbrustganges (*Ductus thoracicus b*), in den noch Saugadern der Brust, des Rückens, der linken oberen Extremität und der linken Kopf- und Halshälfte münden, fort. Da der letztere in den Verbindungsbezirk *e* der Drossel- und der Schlüsselbeinblutader (*c* und *d*) tritt, so gelangt endlich der Inhalt des Milchbrustganges in das Venenblut.

Fig. 47.



§. 371. Diejenigen Körper, welche von den Venen des Nahrungscanals aufgenommen werden, gehen in der Pfortader zur Leber. Sie können diese wiederum in den Leberblutadern verlassen, um zum Herzen zu gelangen. Der oben geschilderte Weg des Milchsaftes dagegen führt nicht durch die Leber, sondern geraden Weges durch die obere Hohlvene zum Herzen. Die Saugadern des Nahrungscanales verfolgen daher einen Umweg, der die Leber meidet.

Rückweg durch die Pfortader und die Galle.

§. 372. Ein Theil der Stoffe, welche in die Darmvenen übergetreten sind, kann einen eigenthümlichen Rückweg einschlagen. Das Blut, das in der Pfortader zur Leber strömt, giebt hier eine Reihe von Verbindungen für die Gallenbereitung ab. Wenn hierbei aufgesogene Stoffe in die Gallenwege übertreten, so können sie in der Folge mit der Galle zum Darme

zurückkehren. Ein Theil der Eiweisskörper und vorzüglich des Zuckers und der Fette schlägt vielleicht einen solchen Kreisweg ein.

Uebergang in die Venen.

§. 373. Der Milchbrustgang (*b*, Fig. 47), der viele der Saugadern der oberen Körperhälfte und der Brust, die des Unterleibes und der unteren Extremitäten aufnimmt, führt nicht alle Lymphe dem Blute zu. Man findet noch einen rechten Hauptstamm, den Kopfgang (*Ductus cephalicus* s. *dexter*, *f*, Fig. 47), in den sich die Lymphgefässe der linken Hälfte des Kopfes, des Halses und des linken Armes, sowie zum Theil der Brust (*g*) und selbst der Leber ergiessen. Er mündet in den Vereinigungsbezirk *k* der rechten Drosselblutader *h* und der rechten Schlüsselbeinvene *i*. Es kann überdies z. B. im Gekröse des Pferdes vorkommen, dass sich einzelne Saugaderstämme in eine untergeordnete Vene ergiessen. Ihre Lymphe wird daher keine Saugaderdrüsen durchsetzen, während die Einschaltung dieser Organe die Regel für alle anderen Lymphgefässe des Menschen und der Säugethiere, die in längeren Bahnen verlaufen, bildet. Man kann dagegen keine unmittelbare Verbindung der Saug- und der Blutadern im Inneren jener Drüsen mit Sicherheit nachweisen.

Rückenkraft der Einsaugung.

§. 374. Die Einsaugung von Flüssigkeiten, welche die physikalischen Bedingungen der Hydrodiffusion fordern, wird so lange fortdauern, als die Elasticitätscoefficienten der Wände der Saugadern und der Druck, den die schon vorhandenen Lymphsäulen entgegensetzen, die Kraft der Einströmung nicht überwinden. Bedenkt man nun, dass die Endosmose einer Salzlösung und reinen Wassers unter einem Drucke von 3 oder 4 Atmosphären, den ihr stärkerer Strom zu bewältigen hat, noch nicht aufhört, so ergiebt sich, dass gerade die Anziehungsverhältnisse, welche die Einsaugung bewirken, eine nicht leicht zu zerstörende Kraftgrösse liefern. Man bezeichnet sie mit dem Namen der Rückenkraft (*Vis a tergo*), weil sie Lymphmassen einpresst, welche die schon vorhandenen Flüssigkeitssäulen ausschliesslich vorwärts treiben, wenn die Elasticitätscoefficienten der Wände der Saugadern keine fernere Vergrösserung der Hohlräume gestatten.

Muskeldruck.

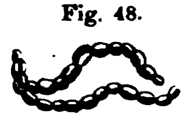
§. 375. Mehrere variable Wirkungen können diesen beständigen Hebel der Einsaugung unterstützen. Die von Brücke und Koelliker in den Darmzotten beobachteten einfachen Muskelfasern, welche diese Gebilde runzeln können, liefern vielleicht hin und wieder fördernde Druckkräfte, die den Chylus nach den weniger Widerstand leistenden Saugadernetzen und nicht nach dem Parenchym der Zotte zurückpressen. Der Milchsaft rückt auch häufig in den Saugadern des Gekröses (bei *k*, Fig. 26, S. 58) mit beschleunigter Geschwindigkeit fort, wenn das Wellenthal der Wurmbewegung (bei dem Pfeile unter *a*) an dem entsprechenden Abschnitte des Darmes einschnürend dahingleitet. Da der Querdurchmesser der Muskeln im Augenblicke der Zusammenziehung vergrössert wird, so können sie die zwischen ihnen liegenden Saugadern an den verschiedensten Körperstellen drücken und zur Fortbewegung des Inhaltes beitragen.

Klappen der Saugadern.

§. 376. Die Klappenorganisation des grössten Theils der Saugadern leistet die wesentlichsten Dienste bei diesen Eingriffen äusserer Druckwirkungen. Saugadern, die mit Quecksilber eingespritzt worden, besitzen Anschwellungen, die durch Einschnürungen wechselseitig getrennt werden,

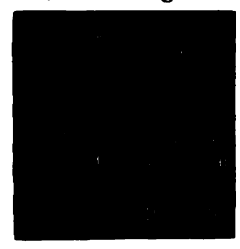
wie es Fig. 48 von den Lymphgefässen der Beckenhöhle des Menschen zeigt. Eine eigenthümliche Klappenbildung ist da, wo die eingeschnürten Stellen bemerkt werden, im Innern angebracht. Sie stimmt im Wesentlichen mit der der Blutadern überein. Ihre Mechanik lässt sich an den Schemen Fig. 49 und 50 am einfachsten erläutern.

Fig. 48.



Eine jede Klappe *a b* oder *c d*, Fig. 49, bildet mit der gegenüberliegenden Wand *e f* oder *g h* des Lymphgefässes eine Tasche *e a b* oder *g c d*, deren blindes Ende *a* oder *c* gegen den Anfang der Saugadern oder centrifugal, deren Oeffnung dagegen centripetal gerichtet ist. Wenn eine nicht überwundene Druckgrösse in der Richtung des Pfeiles *i* auf der Lymphsäule lastet, so werden die Taschenwände *a b* und *c d*, Fig. 49, an die Seitenwandungen *e f* und *g h* gedrückt. Es bleibt daher ein möglichst weiter Lumenquerschnitt, durch den die Flüssigkeit in der centripetalen Richtung *i* strömen kann, offen. Hat aber der Druck eine entgegengesetzte oder centrifugale Richtung, wie es der Pfeil Fig. 50 zeigt, so fängt sich die Flüssigkeit in den Taschen und füllt diese möglichst an. Sind die Taschenwände so abgepasst, dass sie bei grösster Füllung zusammenstossen, so erhalten wir eine absperrende Scheidewand, die *lmn*, Fig. 47, im Längenschnitte darstellt. Man findet also hier Taschenventile, die den centripetalen Lauf der Lymphe frei geben, den centrifugalen Rückgang dagegen verhüten.

Fig. 49. Fig. 50.



§. 377. Wären die Klappen nicht vorhanden, so würden die äusseren Drucke, sobald sie einmal den Saugaderstamm zusammenpressen können, die Lymphe nach beiden Seiten hin zum Ausweichen bringen und den passenden Lauf derselben häufig stören. Die Anwesenheit jener Ventile verwerthet erst ihre Wirkungen in zweckmässiger Weise, weil jeder nachtheilige Rückgang durch deren Einfluss beseitigt wird. Man findet sie meist paarweise oder auch nur einfach in dem Verlaufe der Stämme und an den Eintrittsstellen der seitlichen Saugadern der meisten Körpertheile, vermisst sie dagegen oder bemerkt nur Andeutungen derselben in den Lymphgefässen der Leber, der Gebärmutter und zum Theil der Lungen, sowie in den Anfangsnetzen der Saugadern überhaupt. Manche von ihnen schliessen, wie es scheint, nur unvollständig.

§. 378. Denken wir uns, die Klappen mangelten und man hätte daher eine ununterbrochene Lymphsäule, so würde ein Druck, der sie centrifugal treibt, weniger Widerstand antreffen, als wenn sie von den geschlossenen Klappen in kurze gesonderte Abtheilungen zerlegt ist. Hebt auch die Scheidewand, welche die nächste Ventilvorrichtung bildet, die Fortpflanzung des Druckes ihrer Nachgiebigkeit wegen nicht gänzlich auf, so schwächt sie ihn doch. Da sich aber dieses von Klappe zu Klappe wiederholt, so wird ein Bezirk kommen, in welchem jene retrograde Druckwirkung auf einen so geringen Werth zurückgeführt ist, dass die schwachen Druckkräfte der centripetalen Lymphbewegung nicht gehemmt werden, so lange sich nicht die Saugadern in dem Maximum ihrer Ausdehnung befinden. Indem die Lymphgefässstämme wechselseitig auf das Mannigfachste anastomosiren,

kann noch auf diese Art eine Seitenbahn den nöthigen Abfluss ohne Hinderniss vermitteln.

Saugaderwände.

§. 379. Die **Wandungen der Saugadern** können die Fortbewegung der Lymphe auf zweierlei Art unterstützen. Gesetzt, irgend ein augenblickliches Hinderniss habe so viel Flüssigkeit in einem Bezirke eines Lymphgefässes angehäuft, dass der Druck die Wände ausdehnte, so werden sie, wenn die Spannung aufhört, elastisch zurückzuspringen suchen und hierbei mit derselben Kraft, die zu ihrer Anspannung gebraucht wurde, auf die Lymphe wirken. Die unvollkommene Elasticität der Saugaderwände lässt aber keinen bedeutenden Reactionsdruck zum Vorschein kommen. Eine zweite Art von Thätigkeit ist durch die einfachen Muskelfasern, welche die Wände enthalten, gegeben. Sie verkürzen sich nicht rasch und nur für kleine Zeitgrössen. Man sieht aber häufig, dass sich ein blossgelegtes Lymphgefäss des Gekröses oder des Halses des Pferdes allmälig entleert, eine Zeit lang verengt bleibt und später wiederum gefüllt wird. Eine benachbarte Saugader, die selbst mit jener ersten zusammenhängt, kann dabei fortwährend reichliche Lymphmengen einschliessen.

§. 380. Die noch nicht vollkommen ergründeten Structurverhältnisse der Saugaderdrüsen hindern es, sich eine klare Vorstellung aller hier eingreifenden Erscheinungen zu bilden. Die Verengerung der Saugaderstämme entleert zunächst einen Theil ihres Inhaltes. Dauert sie aber fort, so erzeugt das schmälere Rohr verhältnissmässig grössere Adhäsions- und Reibungswiderstände. Die Lymphe wird daher später langsamer durchströmen und bei schwacher Rückenkraft oder entgegenstehenden äusseren Drucken gänzlich stocken.

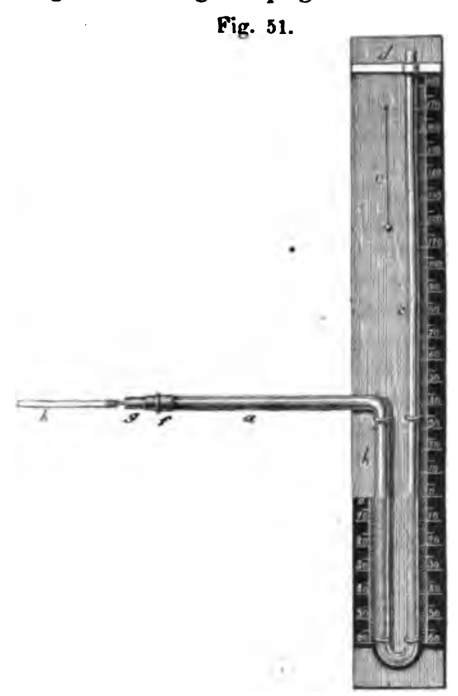
Einfluss der Athmung.

§. 381. Da die Hauptstämme der Saugadern, der Milchbrustgang (§. 370) und der Kopfgang in der Brusthöhle liegen, so wird die **Athmung** einen gewissen Einfluss auf die Mechanik der Lymphbewegung ausüben können. Die Erweiterung des Brustkastens, die das Einathmen begleitet, hat zur unmittelbaren Folge, dass ein geringerer Druck im Thorax, als ausserhalb desselben vorhanden ist. Der Atmosphärendruck treibt daher Massen so lange nach, bis der Spannungsunterschied ausgeglichen ist. Die in die Lungen stürzende Luft bildet zwar hier das vorzüglichste Verbesserungsmittel. Da aber die Innentheile des Halses und des Unterleibes mit dem Atmosphärendruck ebenfalls belastet sind, so werden zugleich die in ihren Gefässen enthaltenen Flüssigkeiten nach der Brust hin angezogen. Die Lymphgefässe, die sich in der Brusthöhle befinden, können sich auf diese Art etwas stärker bei dem tieferen Einathmen füllen. Der Ueberschussdruck dagegen, der das Ausathmen begleitet, übt keine wesentlich nachtheilige Wirkungen der Klappen wegen aus.

§. 382. Die Manometer können über die **Druckgrössen der Flüsssigkeiten** Aufschluss geben. Gesetzt, man hätte einen sogenannten Blutkraftmesser oder Hämadynamometer, Fig. 51, den wir noch in der Kreislaufslehre genauer kennen lernen werden, mit Wasser bis zur Höhe des wagerechten Armes *a* gefüllt und mit einer dem Thorax nahe liegenden

Saugader *h* in Verbindung gebracht, so wird der negative Druck der Einathmung den Flüssigkeitsspiegel des aufsteigenden Röhrenschenkels sinken und der positive Ausathmungsdruck denselben steigen lassen. Ludwig und Noll bemerkten dieses auch, als sie ihre Beobachtungen an einem Lymphgefässe des Halses anstellten. Hatten sie aber den peripherischen Abschnitt der Saugader unterbunden, so fehlte die Einathmungswirkung, weil wahrscheinlich andere zuströmende Flüssigkeiten geringere Widerstände der Ausgleichung entgegensetzten. Es lässt sich übrigens nach dem Früheren erwarten, dass die Steigung bei dem Ausathmen verhältnissmässig kleiner, als die Senkung bei dem Einathmen ausfallen wird.

Fig. 51.



Eintritt in das Blut.

§. 383. Besondere Klappenvorrichtungen schützen die Eintrittsstellen des Milchbrustganges (§. 370) und des Kopfganges der Saugadern (§. 378). Sie verhüten es nach den früher (§. 376) erläuterten Verhältnissen, dass Blut in die Saugadern zurückgeht. Die Lymphe kann dagegen in das Blut ungehindert überströmen. Die Druckkraft, die das Blut entgegensetzt, und die, unter welcher die Lymphe eingetrieben wird, verhalten sich hierbei wie entgegengesetzte Grössen. Nun bieten gerade die grossen, an dem Herzen befindlichen Venenstämme die geringsten Druckwerthe, wie wir sehen werden, dar. Es ergiebt sich hieraus von selbst, welchen Vortheil es der unter verhältnissmässig schwachem Drucke strömenden Lymphe gewähren muss, dass ihre vorzüglichsten Entleerungscanäle in die Endbezirke des Venensystemes übergehen. Ein zweiter Nutzen dieser Einrichtung wird uns später klar werden.

§. 384. Die beiden Hauptgänge der Saugadern münden an der Vereinigungsstelle je zweier Venen, der Schlüsselbein- und der Drosselvene (*cde* und *hik*, Fig. 47, S. 105) und zwar gerade da, wo ihre Verbindungsstelle von der Hauptrichtung der Blutströmung abgewendet ist. Schon die blosse Trägheit der bewegten Blutmassen wird hier einen geringeren Seitendruck zur Folge haben. Da aber die Geschwindigkeit in dem einfachen Hauptstamme beträchtlich zunimmt, so kann sogar ein negativer Druck nach dem Bernouilli'schen Theorem der Hydraulik an der Einmündung des Milchbrustganges und des Kopfganges auftreten. Die unter einem gewissen Drucke stehende Lymphe wird daher jedenfalls mit Leichtigkeit in das Blut übergehen und vielleicht sogar theilweise in dieses eingesogen werden.

Druck der strömenden Lymphe.

§. 385. Die Wechselverhältnisse der Einsaugung und der Muskeldrucke erzeugen beträchtliche Schwankungen in den Druckgrössen, unter denen die Lymphe fliesst. Untersuchungen, die man an grösseren Thieren, wie dem Pferde, anstellte, würden die verschiedenen Einflüsse eines jeden dieser Factoren genauer bestimmen lassen. Ludwig und Noll, die ihre Beobachtungen an der Mitte eines Halsstammes von Hunden und Katzen machten, erhielten im Ganzen nur einige Millimeter oder 1 bis 2 Centimeter Wasserdruck.

Geschwindigkeit der Lymphbewegung.

§. 386. Man kennt noch nicht die Grenzen der Geschwindigkeiten, mit denen der Inhalt der einzelnen Saugadern strömt. Cruikshank giebt an, dass er den Milchsaft des Hundes mit einer Secundenschnelligkeit von ungefähr einem Decimeter in den Gekrösgefässen dahineilen sah. Dieser Werth würde eine sehr lebhafte Einsaugung oder starke äussere Druckkräfte voraussetzen.

Wechsel der Schnelligkeit.

§. 387. Die Lymphgefässe und die Venen stimmen darin überein, dass der Querschnitt *hi*, Fig. 52, eines Stammes *a* kleiner ist, als die Summe der Querschnitte (*de* + *fg*) der untergeordneten Zweige *b* und *c*. Die Flüssigkeiten, die in die Stämme *a* gelangen, erhalten in ihnen eine grössere Geschwindigkeit, weil die Widerstände der Seitenwände nicht in gleichem Verhältnisse mit der Verkleinerung des Flussbettes wachsen. Hat ein Saugaderstamm *a*, wie es oft vorkommt, keinen grösseren Querschnitt, als nur eine seiner Verzweigungen *b* oder *c*, so wird hier die Schnelligkeit verhältnissmässig mehr, als in dem relativ dickeren Verbindungsstamme zweier Venen zunehmen. Die rascher dahingehende Lymphe findet dabei um so weniger Zeit, sich mit der benachbarten Ernährungsflüssigkeit oder dem Blute, das die Gefässe der Saugaderwände enthalten, auszugleichen. Die Verzögerung dagegen, die der Lauf der Lymphe in den Saugaderdrüsen erleidet, muss umgekehrt den Umfang dieser Wechselwirkung begünstigen. Man kennt übrigens bis jetzt noch nicht den feineren Bau der Saugaderdrüsen genau genug, um die Art, wie sich die Lymphe in ihnen verhält, näher anzugeben. Die Nebenbeutel *a*, Fig. 53, welche die Lymphgefässe *b c* der Gekrösdrüsen der Katze in Gerlach's Einspritzungen zeigen, werden die Capacität vergrössern, den Aufenthalt verlängern und wahrscheinlich eine durchgreifendere Veränderung möglich machen.

Fig. 52.



Fig. 53.



Bestandtheile der Lymphe.

§. 388. Die Lymphe, in der keine beträchtlichen Fettmengen emulsionsartig vertheilt sind, bildet eine farblose bis gelbliche Flüssigkeit, die bei dem Stehen an der Luft gerinnt und sich daher häufig in einen festen Theil, den Lymphkuchen oder Lymphcruor (*Placenta* s. *cruor lymphae*), und einen flüssigen, das Lymphserum (*Serum lymphae*), scheidet. Die ursprüngliche Lymphflüssigkeit (*Liquor lymphae*) dagegen führt eine Reihe wechselnder mechanischer Gemengtheile, sehr feine Molecüle verschiedener Art, Kerne und vorzüglich die blassen, mit Kernen versehenen, mehr oder minder körnigen Lymphkörperchen (Taf. II. Fig. XXII. *a*). Man hat bisweilen auch einzelne Blutkörperchen (Taf. II. Fig. XXIV. *a*)

in dem Inhalte des Milchbrustganges bemerkt. Es bleibt jedoch in solchen Fällen immer zweifelhaft, ob nicht feine Blutgefässe, die bei der Oeffnung des Saugaderstromes verletzt werden, ihren Inhalt beimengten.

§. 389. Man glaubte sich früher die Anfangslymphe am einfachsten verschaffen zu können, wenn man die Haut der Frösche an den Schenkeln oder dem Rücken einschnitt. Grosse Räume, die sich an jenen Orten befinden, entleeren dann eine gerinnbare Flüssigkeit, die man für Lymphe hielt. Es ist jedoch noch nicht gelungen, den Zusammenhang dieser sogenannten Lymphräume mit dem Saugadersysteme mit Sicherheit nachzuweisen.

Inhalt der Lymphräume der Frösche.

§. 390. Es ereignet sich in seltenen Fällen, dass eine kleine Wunde eines Saugaderstammes am Fusse oder am Unterschenkel eines Menschen ziemlich anhaltend Lymphe entleert. Diese scheinbar unbedeutenden Verletzungen widerstehen häufig den meisten Heilungsversuchen mit grosser Hartnäckigkeit. Nur heftige Eingriffe, wie das Ausschneiden der ganzen Umgegend der Verletzung und das nachträgliche Brennen können die Vernarbung möglich machen. Man hat solche Fälle benutzt, um die Beschaffenheit der menschlichen Lymphe kennen zu lernen.

Lymphe des Menschen.

§. 391. J. Müller und Nasse, Marchand und Colberg erhielten auf diese Weise eine gelbliche bis grüngelbliche Flüssigkeit aus einer Saugader des Fussrückens. Der farblose Kuchen, der sich innerhalb des Lymphserum erzeugte, schloss verhältnissmässig viele Lymphkörperchen ein. Die gelbliche Lymphe, die aus einer Saugaderwunde des oberen Drittheils der Vorderseite des Unterschenkels dicht neben der Schienbeinkante in einem von mir beobachteten Falle strömte, gerann fast gar nicht. Einzelne Mengen derselben, die hermetisch geschlossen aufbewahrt worden, hatten ihre flüssige Beschaffenheit noch nach 24 Stunden beibehalten. Die mikroskopische Untersuchung liess nur sehr wenige, körnige und meist nicht vollkommen runde Lymphkörperchen erkennen. Freie grössere Oeltropfen kamen weder im Anfange, noch später vor. Hatte aber das Ganze in einer luftdicht geschlossenen Pipette eine Reihe von Tagen gestanden, so setzte sich eine grosse Menge überaus kleiner Molecüle (Taf. II. Fig. XXII. *b c*) ab. Man bemerkte ausserdem einzelne sparsame körnige, zum Theil platte, unregelmässige Körperchen (*a*), Krystalle von Gallenfett (*d*) und einer anderen Verbindung (*e*), die sich nicht näher bestimmen liess. Diese Bestandtheile konnten noch ein Jahr später in der indess hermetisch aufbewahrten Flüssigkeit beobachtet werden.

§. 392. Die Anfangslymphe enthält immer mehr als $^9/_{10}$ ihres Gewichtes an Wasser. Der feste Rückstand besteht aus Faserstoff, Eiweiss, Chlornatrium, schwefelsauren und phosphorsauren Alkalien, wenigen Erdsalzen und Eisenoxyd. Das Fett findet sich nur in geringen Mengen. Ammoniaksalze sind in der Pferdelymphe bemerkt worden. Milchsaure Alkalien kommen wahrscheinlich ebenfalls vor. Sie sind aber quantitativ noch nicht untersucht worden.

§. 393. Wir haben schon §. 327 gesehen, dass die Lymphe milchweiss oder zu Chylus wird, wenn sie eine grosse Menge von neutralem Fette im Emulsionszustande führt. Man findet dann bei der mikroskopischen Untersuchung eine sehr grosse Zahl von kleinen Körnchen, die nichts weiter als Oeltröpfchen sind. Eine Eiweisshülle umgiebt wahrscheinlich ein jedes

Elemente des Chylus.

von ihnen. Sie können zu grösseren Massen nach der Einwirkung von Essigsäure oder in Folge der Fäulniss zusammenfliessen. Die chemische Analyse weist den reicheren Fettgehalt leicht nach. Milchsaure Alkalien können wahrscheinlich bei Stärkemehlfütterung in grösserer Menge vorkommen.

Veränderungen der Lymphe und des Chylus.

§. 394. Die Lymphe und der Chylus ändern ihre Beschaffenheit, indem sie in dem Saugadersysteme weiter fliessen. Die Saugaderdrüsen üben in dieser Hinsicht den verhältnissmässig grössten Einfluss aus (§. 387). Obgleich man schon gerinnbaren Milchsaft in den Lymphgefässen des Gekröses vor dem Durchgange durch die Gekrösdrüsen antreffen kann, so scheinen doch im Allgemeinen die Lymphe und der Chylus, wenn sie die Saugaderdrüsen verlassen haben, leichter zu erstarren. Das emulsionsartig vertheilte Fett des Milchsaftes nimmt oft relativ ab, sei es, dass mehr Lymphe auf den Zwischenwegen durch die Anastomosen zutritt, Fett in die Blutgefässe übergegangen ist oder eine theilweise Verseifung, wie sie später im Blute zu Stande kommt, eingegriffen hat. Der geringe Fettgehalt der Lymphe, in der sich die Lymphkörperchen nach und nach erzeugen, macht es nicht wahrscheinlich, dass ein Theil des Chylusfettes für die Entwickelung dieser Festgebilde in den Saugadern des Nahrungscanales und den Gekrösdrüsen benutzt wird. Der Inhalt des Milchbrustganges röthet sich häufig nachträglich, wenn er an der Luft steht. Da er aber ursprünglich weiss ist, so kann diese Erscheinung weder von beigemengten Blutkörperchen (§. 388), noch von schon fertigem Hämatin herrühren. Ob die Verbindung, welche die Berührung der Atmosphäre röthet, in der Milz erzeugt wird, ist für jetzt noch unbekannt. Die Saugadern derselben führen bisweilen zur Verdauungszeit eine von vornherein röthliche Lymphe.

Vermischung mit dem Blute.

§. 395. Das Blut empfängt die Lymphe kurz, ehe es in das rechte Herz und die Lungen tritt und Sauerstoff der Luft von Neuem aufnimmt. Dieses scheint mit den Verhältnissen der Lymphkörperchen, die vielleicht durch Oxydation in Blutkörperchen übergehen, zusammenzuhängen. Wir werden später sehen, dass das Blut der Lebervenen mehr farblose Körperchen, als das der Pfortader und der Leberschlagader enthält. Da aber die Lebervenen in die untere Hohlvene nicht weit von dem Eintritt in den rechten Vorhof münden, so darf man auch hier eine ähnliche Beziehung vermuthen.

Lymphmenge.

§. 396. Die Körperthätigkeiten, die Nahrungsmittel und andere Nebenbedingungen bestimmen die Lymphmenge, welche in einer Zeiteinheit in das Blut tritt. Die deshalb vorkommenden Schwankungen würden schon jede sichere Feststellung von Mittelwerthen hindern. Die versteckte Lage der Endtheile des Saugadersystemes im Thorax, dessen Eröffnung zur Erstickung führt, machen es überdies unmöglich, sichere Beobachtungen am lebenden Thiere anzustellen. Man muss sich daher mit unvollkommenen Schätzungen begnügen.

Chylusmenge.

§. 397. Bidder bestimmte das Gewicht des Chylus, den der angeschnittene Milchbrustgang frisch getödteter Fleischfresser entliess. Katzen gaben 0,286 bis 0,497 Grm. und Hunde 1,662 bis 2,796 Grm. für eine Minute. Setzt man die gleichen Verhältnisse für 24 Stunden voraus, so hat man im Mittel 558 Grm. oder beinahe $1/_8$ des durchschnittlichen Körpergewichts für die Katze und 3,2 Kilogrm. oder $1/_7$ bis $1/_8$ für den Hund.

Vierordt ging von der Hypothese aus, dass die stickstoffhaltigen Verbindungen der Nahrungsmittel von den Saugadern und nicht von den Blutgefässen absorbirt werden. Man kann annehmen, dass ein Mensch ein Aequivalent von 100 bis 120 Grm. trockener Eiweisskörper in 24 Stunden verzehrt. Der Inhalt des Brustganges führt aber ungefähr 4 % solcher Verbindungen. Der tägliche Milchsaft würde hiernach $2^1/_2$ bis 3 Kilogrm. betragen. Die Gesammtmenge der in der gleichen Zeit erzeugten Lymphe fällt wahrscheinlich noch grösser aus.

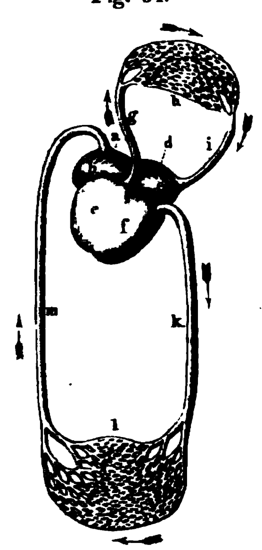
Die Verschiedenheit der Bedingungen, unter denen der Inhalt des angeschnittenen Brustganges des getödteten und des unversehrten lebenden Thieres strömt, die Unmöglichkeit, mit Sicherheit anzugeben, wie viel Eiweiss oder Fett in das Blut und wie viel in die Lymphe übertritt, hindern es vorläufig, einen sicheren Boden für die Bestimmung der Lymphmenge zu gewinnen. Die Ernährungsphänomene führen aber zu dem Schlusse, dass Flüssigkeitsmengen, die ihrer Grösse wegen auf den ersten Blick unglaublich scheinen, das Saugadersystem durchsetzen.

Kreislauf.

§. 398. Die Mechanik des Kreislaufes treibt die Blutmasse in rückführenden Bahnen, welche die meisten Organtheile durchziehen, fortwährend herum. Das Blut kann daher die für die Ausdünstung, die Absonderungen, die Erhaltung und das Wachsthum der Gewebtheile nöthigen Stoffe ausscheiden, neue Verbindungen aufnehmen und sich unter dem Einflusse der Atmosphäre, der sich in den Lungen am nachdrücklichsten geltend macht, erfrischen. Die der Abnutzung nachfolgende Wiederherstellung wird dadurch möglich, dass der Kreislaufsapparat in zwei in einander greifende Hauptstücke, den Ernährungs-, den grossen oder den Körperkreislauf, und den Athmungs-, den kleinen oder den Lungenkreislauf zerfällt.

Bestimmung des Kreislaufes.

Fig. 54.



§. 399. Das Herz bildet den Haupthebel und den Mittelpunkt des Ganzen. Es treibt das Blut in eigenen Röhrenleitungen, den Puls- oder Schlagadern, den Arterien (*g* und *k*, Fig. 54) in peripherischer oder centrifugaler Richtung fort. Die Flüssigkeit biegt dann in den Haargefässen, den feinsten Blutgefässnetzen oder den Capillaren (*h* und *l*) um und kehrt endlich in den Blutadern oder Venen (*i* und *m*), welche zugleich den Inhalt der Saugadern aufnehmen (§. 373), in centraler oder centripetaler Bahn zurück.

Röhrenleitungen des Kreislaufes.

§. 400. Das Herz des erwachsenen Menschen, das Fig. 55 von vorn und Fig. 56 (a. f. S.) von hinten in $^3/_8$ der natürlichen Grösse darstellt, besteht aus vier muskulösen Hauptsäcken, den

Abtheilungen des Herzens.

beiden **Vorhöfen** oder **Vorkammern** (*Atria*, *c* und *d*, Fig. 56) und den zwei **Kammern** (*Ventriculi*, *a* und *b*, Fig. 55 und 56). Die rechte Vorkammer

Fig. 55.

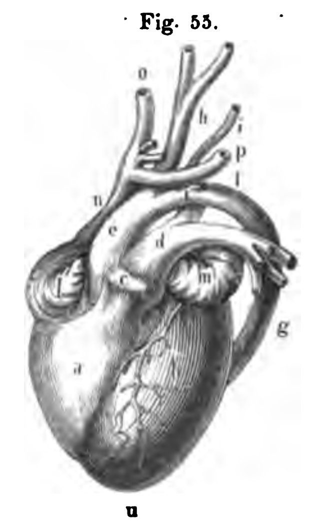
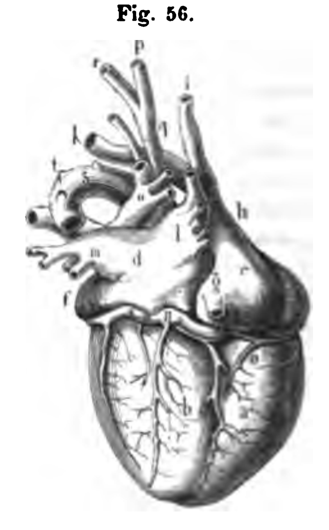
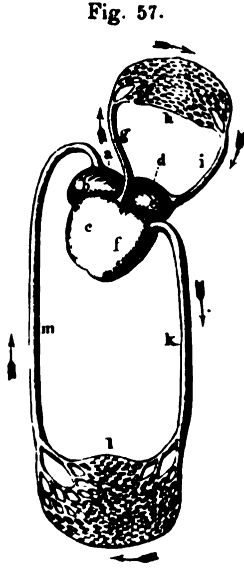


Fig. 56.



(*c*, Fig. 56) und die rechte Kammer (*a*, Fig. 55 und 56) bilden zusammen die **rechte Herzhälfte** oder, wie man sich unpassend ausdrückt, das **rechte Herz**. Der linke Vorhof (*d*, Fig. 56) und der linke Ventrikel (*b* Fig. 55 und 56) geben das **linke Herz**. Eine weite Oeffnung, die **venöse** oder **Atrio-Ventricularmündung** (*Ostium venosum s. atrio-ventriculare*), verbindet den Hohlraum eines jeden der beiden Vorhöfe mit dem der Kammer der gleichen Seitenhälfte. Die **Scheidewände** der Vorhöfe und die der Kammern schliessen das rechte und das linke Herz des Erwachsenen wechselseitig vollständig ab.

Fig. 57.



Stromesrichtungen des Blutes.

§. 401. Das Fig. 57 gezeichnete Schema kann die Stromesrichtungen des Kreislaufes des Menschen, der Säugethiere und der Vögel klar machen. Die Blutmasse der rechten Kammer (*c*, Fig. 57) geht durch die Lungenarterie (*g*) centrifugal fort, biegt in den Athmungscapillaren (*h*) um und kehrt durch die Lungenvenen (*i*) zum linken Vorhofe (*d e*) zurück. Dieser Abschnitt (*c g h i d e*) entspricht dem kleinen oder dem Athmungskreislaufe. Das in die linke Kammer (*f*) getriebene Blut wird durch die Hauptschlagader, die Aorta (*k*), und deren weitere Verzweigungen allen Körperorganen zugeführt. Die Haargefässe derselben (*l*) sammeln sich zu den Körpervenen (*m*), die ihr Blut in den rechten Vorhof (*a b*) ergiessen. Man hat daher eine zweite Abtheilung (*f k l m a b*), die den grossen oder den Kör-

perkreislauf bildet. Beide Kreisläufe greifen im Herzen kreuzweise (*c d e* und *a b f*) zusammen.

§. 402. Das Blut, welches in den Athmungscapillaren (*h*) strömt, ändert seine Farbe unter dem Einflusse der eingeathmeten Luftmassen. Es wird hellroth oder, wie man sich ausdrückt, arteriell, während es früher dunkelroth oder venös war. Die rechte Herzhälfte (*a b c*) führt daher dunkelrothes und die linke (*d e f*) hellrothes Blut. Das letztere fliesst in den Lungenvenen (*i*) und den Körperarterien (*k*) und das erstere in der Lungenarterie (*g*) und den Körpervenen (*m*). Man sieht hieraus, dass die Benennungen der Schlag- und der Blutadern nicht dem Farbenunterschiede der in ihnen enthaltenen Blutmassen, sondern den centrifugalen oder centripetalen Stromesrichtungen entsprechen. Dieses rührt davon her, dass die Mechanik des Kreislaufes andere Röhrenleitungen für den Abfluss, als für die Rückkehr des Blutes nöthig macht.

Beschaffenheit der verschiedenen Gefässwände.

§. 403. Da das rechte und das linke Herz vollkommen geschieden sind (§. 400), so muss jeder Blutstropfen, der sich in der rechten Kammer (*a* Fig. 55 und 56) befindet und bei der Entleerung derselben weiter getrieben wird, die Lungenarterie (*c d*, Fig. 55), die Athmungscapillaren und die Lungenvenen (*l m*, Fig. 56) durchsetzen, ehe er in den linken Vorhof (*d*, Fig. 56) gelangen kann. Ist er aus diesem in die linke Kammer (*b*, Fig. 55 und 56) und von da in die Aorta und deren Verzweigungen (*e f g h i k r s*, Fig. 55, und *p q r s t*, Fig. 56) gedrungen, so kann er nicht früher zum rechten Vorhofe (*c*, Fig. 56) wiederkommen, als bis er eine der Bahnen der Körpercapillaren und der Körpervenen verfolgt hat und in der unteren Hohlvene (*g*, Fig. 56), der oberen Hohlader (*n*, Fig. 55, *h*, Fig. 56) oder einer Herzvene zurückgekehrt ist. Die vollständige Trennung der beiden Herzhälften des erwachsenen Menschen bewirkt es mit einem Worte, dass jedes Bluttheilchen den compensirenden Erfrischungskreislauf der Athmungsorgane verfolgt, ehe es in den abnutzenden Körperkreislauf von Neuem übergeht. Man hat zwei Ringstücke von ungleichen Grössen und entgegengesetzten Wirkungsbeziehungen, deren gegenseitige Fortsetzungen im Herzen zusammentreffen.

Zusammengreifen beider Kreisläufe.

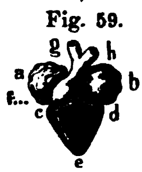
§. 404. Die Herzbildung der niederen Wirbelthiere ändert diese Verhältnisse wesentlich ab. Nur eine Vorkammer und eine Kammer kommen in den Fischen (mit Ausnahme des Amphioxus) vor. Der Athmungskreislauf der Kiemen geht hier in den Körperkreislauf ausserhalb des Herzens über. Die Amphibien liefern eine Reihe von Mittelbildungen, welche die Sonderung der erfrischten und der abgenutzten Blutmassen unvollkommener machen. Das Herz der Frösche hat z. B. eine einfache Kammer (*c d e*, Fig. 58 und 59) und zwei Vorkammern (*a b*), die, innerlich getrennt, äusserlich zusammenfliessen. Das Anfangsstück der aus der Kammer entspringenden Hauptschlagader (*g h*) besitzt überdies noch eine eigene muskulöse Anschwellung, die Schlagaderzwiebel (*Bulbus arteriosus*, *f*), die sich einen Augenblick später als die Kammern selbständig zusammenzieht.

Unvollständiger Abschluss beider Kreisläufe in niederen Thieren.

Fig. 58.



Fig. 59.



Systole u. Diastole.

§. 405. **Herz.** — Das Herz bildet das Pumpwerk, welches die Blutmasse durch die Röhrenleitungen der Kreislaufsorgane oder die Blutgefässe treibt. Die Wechselverhältnisse seines starken Muskelbelages schaffen die hierzu nöthigen Vorbedingungen. Die Zusammenziehung oder die Verengerung erzeugt die Systole, die das Blut fortzudrücken sucht, und die Erschlaffung oder die Erweiterung die Diastole, die ihm den Eintritt in die entsprechenden Hohlräume gestattet.

Einströmungsdruck.

§. 406. Der auf den Brusteingeweiden lastende Atmosphärendruck wird die Innenwände eines entleerten diastolischen Herztheiles genau an einander legen, so dass gar kein freier Hohlraum übrig bleibt. Das ursprünglich mit dem gleichen Drucke beschwerte Blut kann daher nur unter einem hinzukommenden Ueberschussdrucke eintreten. Es wird sich in diesem Falle den nöthigen Aufnahmsraum von selbst schaffen. Dehnt es zugleich die Herzwände, so muss ein Theil seines Druckes zur Ueberwindung des elastischen Widerstandes verbraucht werden. Ein durch keinen Nebeneinfluss gestörter Druck, der dem Festigkeitscoëfficienten der schwächsten Wandungsstelle gleicht, bildet die Grenze der möglichen Erweiterung oder das Minimum der Spannungswirkung, die zu einem Einrisse führt.

Freie Druckkraft der Herztheile.

§. 407. Wenn die Muskelfasern im Augenblicke der Zusammenziehung kürzer und breiter werden, so wirkt hierbei eine Kraftgrösse, die in zwei andere zerlegt werden kann. Der eine Theil zehrt sich dadurch auf, dass die erschlaffte Faser einen ihrer Elasticitätsgrösse entsprechenden Widerstand der Formveränderung entgegensetzt. Der andere dagegen, welcher die Molecüle in ihrer neuen Lage erhält, kann äussere Widerstände, die der Zusammenziehung entgegentreten, überwinden helfen. Es hängt daher von ihm ab, dass eine sich verkürzende Muskelmasse eine gewisse äussere Druck- oder Zuggrösse ausübt. Dieser Krafttheil wirkt auch auf das in dem Herzabschnitte enthaltene Blut, wenn die Systole eingreift. Die Flüssigkeit, die keinen hinreichenden ursprünglichen Gegendruck darbietet, weicht nach Räumen, die einen geringeren Widerstand leisten, aus. Ein grösserer Antheil des Verkürzungsdruckes geht aber unter sonst gleichen Verhältnissen verloren, wenn eine stärkere diastolische Ausdehnung früher vorhanden war.

Wechselthätigkeiten der einzelnen Herzabschnitte.

§. 408. Das §. 401 erläuterte Kreislaufsschema lässt schon im Allgemeinen voraussehen, wie sich die Hauptverhältnisse der Herzthätigkeit gestalten werden. Das Blut fliesst immer aus einer Vorkammer in die entsprechende Kammer. Der Vorhof muss daher in Systole treten, wenn sich der Ventrikel in Diastole befindet. Das Umgekehrte kann ebenfalls stattfinden, weil eine passende Ventileinrichtung jede Störung zu beseitigen sucht. Der grosse und der kleine Kreislauf sind aber in gewisser Hinsicht Bruchtheile eines und desselben Ringes. Eine gleichförmige Vertheilung ist nur dann möglich, wenn die Blutmasse in den entsprechenden Abschnitten gleichzeitig vorrückt. Die Lungenarterie (*cd*, Fig. 55) und die Aorta (*efg*, Fig. 55) gehören den Kammern und die Hohlvenen (*gh*, Fig. 56) und die Lungenvenen (*lm*, Fig. 56) den Vorhöfen an. Die Systole oder die Diastole greift deshalb in den beiden Vorkammern oder den beiden Kammern gleichzeitig ein. Alle vier Hauptabtheilungen des Herzens verfallen einmal in Systole und einmal in Diastole während der Dauer eines **Herzschlages**.

§. 409. Das Herz eines gesunden Menschen klopft ungefähr siebenzigmal in einer Minute. Die Dauer der Einzelthätigkeiten wächst und sinkt zwar mit der Grösse der Säugethiere. Das Pferd z. B. bietet aber immer noch 40 Schläge für 60 Secunden dar. Die Systole und die Diastole der Kammern sind daher in $^4/_5$ bis $1^1/_2$ Secunden beendigt. Diese kleinen Werthe erschweren es von vornherein, die gegenseitigen zeitlichen Beziehungen der verschiedenen Wirkungsarten unmittelbar zu erkennen. Da sich die Systole oder die Diastole erst, wenn sie einen gewissen Umfang erreicht hat, dem Auge verräth, so wird hierdurch die Beobachtung noch mehr erschwert. Man muss überdies Fälle von Ektopieen des Herzens, d. h. Missbildungen, in denen das Herz durch eine Spalte vorgefallen ist, benutzen oder die Thoraxwände in gesunden Thieren spalten, um zum Ziele zu gelangen. Man kann daher keine befriedigende Ergebnisse auf diesen Wegen erwarten.

Modus der Herzthätigkeit.

§. 410. Kaninchen und Frösche, deren blossgelegtes Herz rasch und lebhaft schlägt, scheinen häufig einen congruenten Wechsel von Systole und Diastole der Vorhöfe und der Kammern darzubieten. Stellt man aber den Versuch in grösseren Säugethieren oder bei längerer Herzschlagsdauer überhaupt an, so findet man in der Regel einen Zeitraum, in welchem alle vier Herzhöhlen gleichzeitig erschlafft sind. Er fällt zwischen das Ende der Kammerzusammenziehung und den Anfang der nächsten Vorhofssystole, weil die Vorhofsdiastole länger als die Kammersystole anhält und diese der Zusammenziehung der Vorhöfe unmittelbar nachfolgt.

Rhythmus der Herzschläge.

§. 411. Da die Systole von der Thätigkeit des Herzmuskels abhängt, so werden Einflüsse, welche jene unterdrücken können, die Diastoledauer verlangern. Man findet daher auch, dass die Ruhepausen zwischen je zwei Kammerzusammenziehungen in dem absterbenden Herzen zu wachsen pflegen. Etwas Aehnliches wiederholt sich in dem tiefen Winterschlafe. Prüft man dann den Herzschlag eines Murmelthieres nach einem später (§. 440) zu erläuternden Verfahren, welches die Oeffnung der Brusthöhle nicht voraussetzt, so findet man nicht selten, dass die Kammerdiastole fünf- oder zehnmal so lange, als die schon an und für sich langsame Systole anhält. Man findet daher auch nur 2 bis 4 Herzschläge für 60 Secunden.

Verlängerung der Diastole.

§. 412. Manche Fälle von Herzektopieen haben beträchtliche Abweichungen von der gewöhnlichen Thätigkeitsweise dargeboten, ohne dass sich deshalb durchgreifende Störungen der Kreislaufsverhältnisse bemerklich machten. Eine Ruhepause von $^1/_4$ Secunde griff in einem von Follin beobachteten Kinde zwischen der Systole der Vorhöfe und der der Kammern ein. Ein Wechsel der Zusammenziehung der Atrien und der Ventrikel liess sich in einem von Hering untersuchten Kalbe, das wochenlang fortlebte, nicht bemerken. Die Kammerwände lieferten hier nur wellenförmige, knetende Bewegungen statt der gewöhnlichen kraftvollen Systole.

Unregelmässige Herzthätigkeit.

§. 413. Obgleich die rechte und die linke Hälfte des Herzens nach demselben Hauptplane angelegt worden, so haben doch die Verschiedenheiten des kleinen und des grossen Kreislaufes viele Abweichungen nothwendig gemacht. Die Vertheilung der Muskel- und der Sehnenmassen und die einzelnen Ventilstücke unterscheiden sich deshalb in auffallender Weise.

Verschiedenheit der beiden Herzhälften.

§. 414. Fig. 60 und 61, welche die aufgeschnittenen Vorhöfe und Kammern des in Fig. 56 und 57 abgebildeten Herzens in $^{3}/_{8}$ der natürli-

Fig. 60.

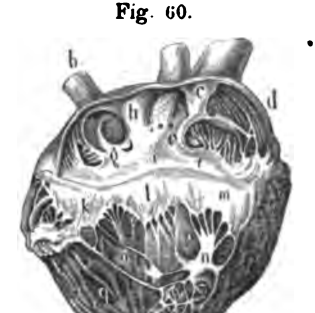
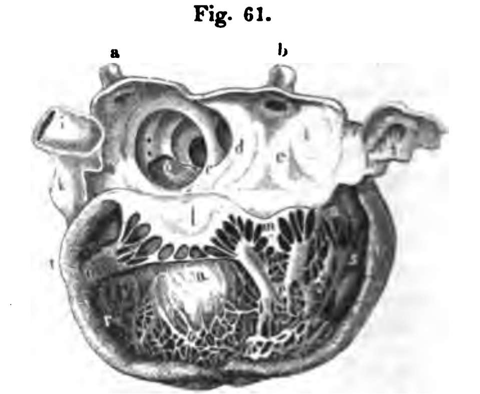


Fig. 61.



chen Grösse darstellen, können dieses näher erhärten. Fig. 60 ist das längs der rechten Seitenkante geöffnete rechte und Fig. 61 das von links aufgeschnittene linke Herz. Die linke Vorkammer (*e*, Fig. 61) erscheint im Allgemeinen an ihrer Innenfläche glatter als die rechte (*e*, Fig. 60). Die Anordnung der Warzenmuskeln (*no*, Fig. 60, *op*, Fig. 61) und der Netzbalken (*qr*, Fig. 60 und *rs*, Fig. 61) weicht in beiden Kammern wesentlich ab. Der rechte Ventrikel hat die dreizipfelige Klappe (*Valvula tricuspidalis*) (*klm*, Fig. 60) und der linke die zweizipfelige (*Valvula mitralis*) (*lmn*, Fig. 61) als Ventil der Eingangsöffnung. Keine der Venen, die in den linken Vorhof münden, besitzt eine Klappenbildung, während einzelne Herzvenen, die sich in den rechten ergiessen (*g*, Fig. 60), vorzugsweise die grosse, mit Ventilen (*Valvula Thebesii*) ausgerüstet sind.

Rechter Vorhof.

§. 415. Der rechte Vorhof empfängt die Hauptmasse des Körperblutes aus der oberen und der unteren Hohlvene (*a* und *b*, Fig. 60, *h* und *g*, Fig. 56 S. 114). Geringere Mengen treten aus der Herzmasse durch die Oeffnung der grossen Herzvene (*g*, Fig. 60) und die Thebesischen Mündungen der kleinen Blutadern (bei *e*, Fig. 60) hinzu. Die oberhalb der eiförmigen Grube (*g*, Fig. 60) befindliche Lower'sche Erhabenheit hindert die Störungen, welche das Zusammentreffen der Ströme der beiden Hohladern erzeugen würde. Der der oberen (*a*) wird mehr nach unten und der der unteren (*b*) nach der Gegend des Herzohres (*f*) geleitet. Die zwischen den Kammmuskeln des Hohlvenensinus (*d*) und des Herzohres (*f*) befindlichen Zwischenräume besitzen nur dünne Wandungen, die eine beträchtliche Dehnung gestatten. Sie sind auch aufs das Prallste ausgespannt, so wie sich der Vorhof in dem Maximum der Diastole strotzend gefüllt hat.

§. 416. Zieht sich später die Vorkammer plötzlich zusammen, so schiebt das Herzohr (*l*, Fig. 55 Seite 114) seinen Inhalt nach dem Sinus (bei *e*), der wiederum die Blutmasse allseitig drückt. Die Kammmuskeln (*fd*, Fig. 60) vervollständigen die Entleerung, indem sie nicht nur gegen die Höhlung der Vorkammer, sondern auch nach den zwischen ihnen befindlichen Lückenräumen drücken. Da jede Art von Klappenbil-

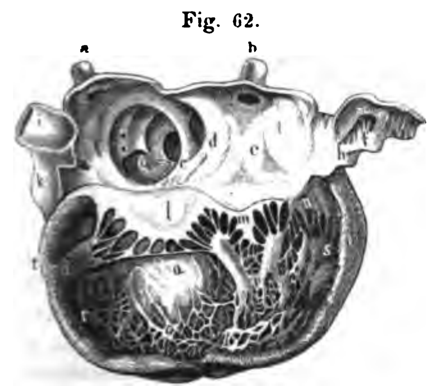
dung der Eintrittsstelle der oberen Hohlader mangelt, so könnte hier ein Theil des Blutes centrifugal ausweichen. Das Gleiche würde für die untere Hohlvene (*b*) wiederkehren, weil die Eustachi'sche Klappe durchbrochen ist oder selbst gänzlich mangelt. Der unzweckmässige peripherische Rückgang wird aber wahrscheinlich erschwert oder verhütet, weil die Muskelfasern, welche die Eintrittsstellen der Hohladern umgeben, die Oeffnungen derselben einschnüren. Die Mündungsweise der grossen Herzblutader (*g*, Fig. 60) und die hier angebrachte Thebesius'sche Klappe suchen den Rücktritt in dieses Gefäss unmöglich zu machen.

§. 417. Die Lappen der dreizipfeligen Klappe liegen den Nachbarwänden, wie es *klm*, Fig. 60, zeigt, dicht an, wenn das Blut in die Kammer zu strömen begonnen hat. Die Flüssigkeit verbreitet sich aber bald nach allen möglichen Richtungen und dringt deshalb auch zwischen die Warzenmuskeln der Vorderwand (*n*, Fig. 60) und der Scheidewand (*o*) und in das Gitterwerk der Balkenmuskeln (*qr*) ein. Die nachfolgende Systole treibt es wieder von allen diesen Orten hinweg. Da die dreizipfelige Klappe (*klm*) die venöse Mündung zu dieser Zeit schliesst und den Rückgang nach dem Vorhofe (*e*) unmöglich macht, so bleibt nur die arteriöse Mündung, die in die Lungenschlagader (*cd*, Fig. 56) führt, als Ausflussöffnung übrig. Ihre Leitungsbahn (*p*, Fig. 60) zeichnet sich durch die Gleichförmigkeit und die Glätte ihrer Oberfläche aus. Sie wird daher den Blutstrom um so leichter und rascher dahineilen lassen.

Linkes Herz.

§. 418. Die wesentlichen, für das rechte Herz dargestellten Erscheinungen kehren auch in dem linken wieder. Die diastolische Vorkammer (*e*, Fig. 62) empfängt ihr Blut aus den beiden linken (*ab*) und den zwei rechten Lungenvenen (*cd*). Das gefüllte Herzohr (*m*, Fig. 55 S. 114, *f*, Fig. 62) und der übrige Sinus (*e*) treiben später den grössten Theil, wo nicht die Gesammtmasse ihres Inhaltes in die linke Kammer, deren Eingangsventil, die zweizipfelige oder bischofsmützenförmige Klappe (*lmn*), den Wänden nahe anliegt. Das Blut füllt hierauf den grösseren Hohlraum und die Lücken, welche die Warzenmuskeln (*op*) und die Fleischbalken (*rs*) übrig lassen, aus. Die Systole treibt es endlich auf der geglätteten Bahn *q* in den Anfangstheil der Aorta (*e*, Fig. 55), weil die zweizipfelige Klappe (*lmn*, Fig. 62) den Rückgang nach dem Vorhofe in diesem Augenblicke hindert.

Fig. 62.



Kammer-Ventile.

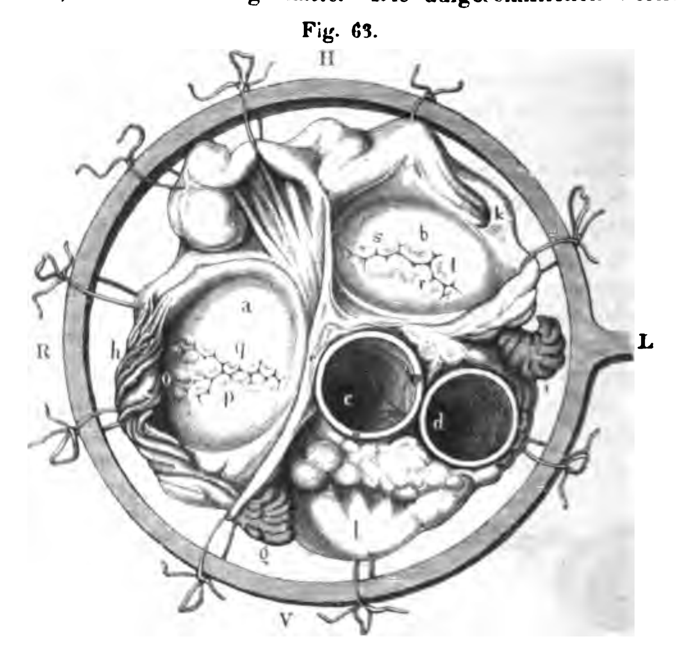
§. 419. Zwei entgegengesetzt spielende Ventilsysteme ordnen den Durchgang der Hauptmasse des Blutes durch die Herzkammern. Die venösen Klappen (*kmn*, Fig. 60 und *lmn*, Fig. 62), welche die Eintrittsöffnungen der Kammern bewachen, hemmen den Rücktritt des Blutes nach den Vorkammern während der Systole. Die halbmondförmigen Taschen oder Klappen (*Valvulae semilunares*), die nicht in dem Herzen selbst, son-

dern an den Anfangsstücken der Lungenschlagader (*c*, Fig. 55 Seite 114) und der Aorta (*e*) liegen, machen es dagegen unmöglich, dass ein Theil des Blutes, das schon in die Schlagadern getreten, zur Diastolezeit in die Kammer zurücksinkt.

Stellung der Klappen im todten Herzen.

§. 420. Man kann sich die allgemeine Wirkung dieser Ventile an dem ausgeschnittenen Herzen klar machen, wenn man die Klappen durch Wasser zu stellen sucht. Fig. 63 zeigt uns die obere Fläche der Kammern und der Nachbargebilde derselben aus dem Herzen eines 24jährigen kräftigen Mannes, der sich erhängt hatte. Die aufgeschnittenen Vorhöfe sind

Fig. 63.



theils entfernt, theils der freieren Uebersicht wegen umgeschlagen (*hk*). Man sieht nur einen mässigen Abschnitt der Vorhofsscheidewand (*e*). Das Herz hängt in einem Ringe eines Stativarmes, und zeigt diejenige der Kammersystole entsprechende Anordnung, in welcher die venösen Klappen geschlossen, die halbmondförmigen dagegen geöffnet sind. *R* bezeichnet die rechte, *L* die linke Seite des Herzens, *V* vorn und *H* hinten.

§. 421. Man bemerkt zunächst, wie die Ränder der einzelnen Lappen der dreizipfeligen Klappe, *a*, Fig. 63, genau an einander liegen. *o* und *p* entsprechen hierbei den beiden vorderen Lappen (*k* und *l*, Fig. 60 S. 118) und *q* dem inneren (*m*, Fig. 60). Das Gleiche kehrt für die zweizipfelige Klappe, *b*, Fig. 63, wieder. *r* ist hier der grosse, vor dem Eingang in die Aorta (*c*) liegende Abschnitt (*l*, Fig. 61) und *st* das doppelte kleinere, an der Aussenwand befindliche Stück dieses Segelventils.

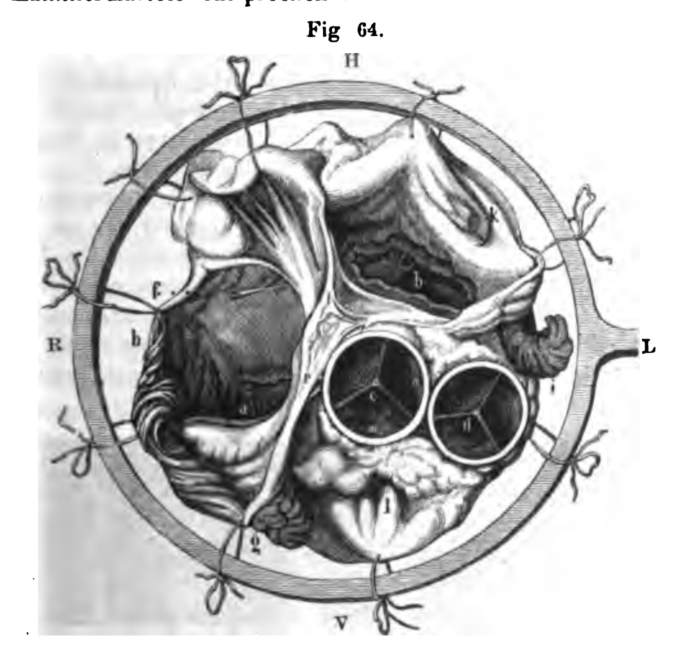
§. 422. Die Stellung, bei der sich die venösen Klappen (*a* und *b*, Fig. 63) an einander legen und eine vollkommene Scheidewand zwischen den Hohlräumen der Vorhöfe und der Kammern bilden, lässt sich

am einfachsten herbeiführen, wenn man Wasser von der Lungenschlagader (*d*) und der Aorta (*c*) aus in die Kammern giesst, bis der Spiegel desselben etwas höher, als das Niveau der venösen Klappen, in jenen Arterien hinaufreicht. Ist ein Theil der Ventile verkalkt, oder wie man sich unpassend ausdrückt, verknöchert, können sich die Randzipfel nicht gehörig ausbreiten oder aufwickeln, hat man zufällig eine oder mehrere ihrer Stützfasern verletzt, so wird auch kein vollständiger Schluss mehr zu Stande kommen. Das Wasser dringt durch eine entsprechende Lücke der Randbegrenzungen der Segel (Fig. 63) nach dem Vorhöfen hinauf. Es muss sich daher das Gleiche im Leben wiederholen, wenn die Klappen aus ähnlichen Gründen ungenügend oder insufficient geworden sind.

§. 423. Drückt man die mit Wasser gefüllten Kammern, so tritt die Flüssigkeit nach der Lungenschlagader (*d*) und der Aorta (*c*) über. Ihre halbmondförmigen Klappen legen sich den Wänden so an, wie es in Fig. 63 gezeichnet worden. Die Mitte eines' jeden freien Randes einer Tasche besitzt häufig ein Stützknötchen, das man bei *n*, Fig. 63, am deutlichsten erkennt. Diese Gebilde heissen in der Lungenarterie (*d*) die Morgagni'schen, in der Aorta (*c*) dagegen die Arantius'schen Knoten (*Noduli Morgagnii et Arantii*).

§. 424. Fig. 64 zeigt die Stellung der Ventile desselben Herzens, wie sie der Kammerdiastole entsprechen würde. Die rechte und die linke ve-

Fig 64.

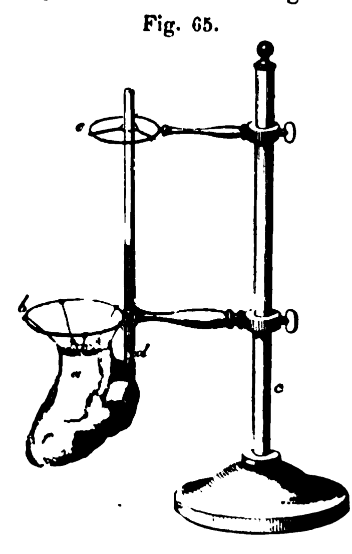


nöse Mündung, *a* und *b*, Fig. 64, sind hier weit geöffnet, so dass man in die Tiefe der Kammern hinabsieht und einzelne der Warzenmuskeln, die von ihnen ausgehenden Stützsehnen und die den Wänden anliegenden venösen Klappen erkennt. Die halbmondförmigen Taschen der Lungenschlag-

ader (*d*) und der Aorta (*c*) sind mit Flüssigkeit gefüllt und vollkommen gestellt. Ihre winkelig gebogenen Ränder legen sich unter 120° an einander. Die Stützknötchen stossen in der Mitte zusammen. Eine regelwidrige zu grosse Steifheit der Taschenwände hindert auch hier die Vollständigkeit des Abschlusses.

§. 425. Hat man den geöffneten rechten oder linken Vorhof, *a*, Fig. 65, an dem Ringe *b* aufgehängt, eine graduirte Röhre *d* in die Lungenschlagader oder die Aorta gebunden und die Kammer *f* mit Wasser gefüllt, so wird dieses, wenn man *f* allseitig drückt, die venöse Klappe schliessen und in der Röhre *d* emportreten. Hört die Druckwirkung auf, so bleibt das Wasser in *d* höher als früher stehen, weil der Schluss der halbmondförmigen Klappen eher, als der Rücktritt der Gesammtmenge der Flüssigkeit vollendet ist. Ein zweiter Versuch treibt es noch weiter empor. Man kann sich auf diese Weise das Wechselspiel der Klappen und die allgemeine Mechanik dieses Theiles der Kreislaufswerkzeuge näher versinnlichen.

Fig. 65.



Einzelmomente der Klappenthätigkeit.

§. 426. Der Spiegel der in *d* befindlichen Wassersäule braucht nur wenig höher, als die Ebene der entsprechenden venösen Klappe zu liegen, damit diese vollkommen geschlossen werde (*opq* oder *rst*, Fig. 63). Die Ventile spielen mithin so leicht, dass ihre Einstellung nur ein Minimum von Druckkraft nöthig macht. Dieses vorausgesetzt, so wollen wir nun die Einzelverhältnisse der venösen Klappen, wie sie sich wahrscheinlich im Leben verhalten, nach den Fig. 66 bis Fig. 69 gegebenen Schemenzeichnungen näher zu verfolgen suchen. Wir werden den §. 410 beschriebenen Fall, in welchem eine Ruhepause zwischen der Systole der Kammer und der nächsten der Vorkammer eingreift, der Betrachtung zum Grunde legen.

Fig. 66. Fig. 67. Fig. 68. Fig. 69.

Gesetzt a, Fig. 66 bis 69, sei der Hohlraum eines Vorhofes, *b* der der Kammer, *c d* und *e f* die häutigen Lappen und die Stützsehnen der venösen

Klappe, *dg* und *fh* die entsprechenden Warzenmuskeln oder andere Muskelgebilde, welche die Sehnenstränge der Ventile beherrschen, endlich *i* die Eingangsöffnung der Kammer. Fig. 66 stellt dann den Augenblick dar, in welchem die Systole eben aufgehört hat und der Vorhof und die Kammern erschlafft bleiben. Der geringe von den Venen herrührende Ueberschussdruck des Vorkammerblutes (*a*) treibt jetzt eine gewisse Menge von Flüssigkeit in die Kammerhöhle (*b*). Diese drängt zunächst die Klappen (*c d* und *e f*, Fig. 66) gegen die Wände hin. Sie wird aber bald, wie Fig. 60 und 61 Seite 118 anzeigen, zwischen die Lappen des Ventiles und die Innenfläche der Herzwand gelangen und jene zum Theil segelartig nach dem Vorhofe hin aufblähen (*c d* und *e f*, Fig. 67). Nun greift die Systole der Vorkammer plötzlich ein und wirft ihren noch übrigen Inhalt unter stärkerem Drucke in die Kammerhöhle. Hat dann auch vielleicht die venöse Klappe eine rückgängige Bewegung (*cd* und *ef*, Fig. 66) im ersten Augenblicke des Eintrittes gemacht, so reicht wahrscheinlich bald der Rückstoss, den das Blut an den Kammerwänden erleidet, zum Schlusse des Ventiles vollständig hin (*cd* und *ef*, Fig. 68). Griffe dann auch eine Ruhepause zwischen der Systole des Vorhofes und der der Kammer ein, so würde hieraus noch nicht folgen, dass Blut nach dem Atrium zurückkehrt.

Die Zusammenziehung des Ventrikels verengt nicht bloss den Hohlraum, sondern wirkt auch auf die venösen Klappen in eigenthümlicher Weise, wie Purkinje und Nega [13]) hervorgehoben haben. Die Warzenmuskeln (*gh*) verkürzen sich dann in beträchtlichem Grade. Sie und die entsprechenden Herztheile ziehen an den Stützsehnen, wie Seile und führen daher die Lappen nach innen gegen die Herzhöhle. Es entsteht auf diese Art ein gegen den Vorhof gerichteter Trichter, den *i*, Fig. 69, anzudeuten sucht. Diese Mechanik hat aber eine doppelte Wirkung. Die Scheidewand, welche die venöse Klappe bildet, drückt auf das Blut in der Richtung nach der Ventricularhöhle hin, hemmt die weitere Ausbauchung der Segel und verhütet daher alle merklichen Störungen des Blutlaufes. Ihre Stellungsveränderung verdrängt vielmehr einen Theil des Kammerblutes. Der Trichterraum *i* dagegen nimmt Blut aus den Vorkammern auf, während dafür andere Blutmasse aus den Venen nachrückt. Ist die Systole und mit ihr die Zugwirkung der Warzenmuskeln (*gh*) beendigt, so können die in Fig. 66 dargestellten Verhältnisse um so leichter durchgreifen.

Muskelfasern der venösen Klappen. §. 427. Da die venösen Klappen des todten Herzens nach dem §. 420 erwähnten Verfahren vollkommen geschlossen werden, so können sie in die eindringenden Muskelfasern keine bindende Bedeutung für ihre Ventilthätigkeit besitzen. Sollten sie sich am Ende der Vorhofssystole zusammenziehen, so werden sie vielleicht die Segel heben helfen.

Halbmondförmige Klappen. §. 428. Der Schluss der halbmondförmigen Klappen (*k*, Fig. 66 bis 68) ist die Folge der elastischen Rückwirkung der Schlagaderwände. Sind diese durch die von der Kammersystole eingezwängte Blutmasse gedehnt worden, so springen sie, so wie der Druck aufhört, zurück. Sie pressen dann die in ihnen enthaltene Flüssigkeitssäule. Diese aber sucht allseitig auszuweichen, fängt sich jedoch bei ihrer retrograden Bewegungsrichtung in den Taschen der halbmondförmigen Klappen und füllt sie so stark, dass sie mit ihren Rändern zusammenstossen (*c* und *d*, Fig. 64).

Die Wände der Lungenarterie und der Aorta sind, so weit die Ventile reichen, dünner, als in ihrem übrigen Verlaufe. Die am Anfange der Kammerdiastole eingreifende elastische Reaction, deren Grösse von der Summe der thätigen Gewebeelemente unter sonst gleichen Verhältnissen abhängt, kann die Taschen um so sicherer und stärker füllen. Die dünnen Wandungen dehnen sich hierbei bauchig aus und bilden äusserlich kenntliche Anschwellungen, die *Sinus Valsalvae* (*c*, Fig. 55 S. 114).

§. 429. Die eben erläuterte Theorie der Ventilthätigkeit der Herz- und der Schlagaderklappen führt zu dem Schlusse, dass das Blut trichterförmigen oder abgestumpft kegelähnlichen Durchgangsbahnen (*i*, Fig. 69, und unter *k*, Fig. 66) begegnet, wenn es in die Kammer oder die Arterien einzuströmen anfängt. Dieses erinnert an die conischen Ansätze (Fig. 70), die der Contraction des Strahles entsprechen und daher die Ausflussmengen bei passenden Dimensions-Verhältnissen und zweckmässigen Convergenzwinkeln verhältnissmässig erhöhen. Fasst man die Sache von dieser Seite auf, so wird der Convergenzwinkel der Spitze des Conus der Durchgangsbahn des Blutes abnehmen, so wie die Klappen immer mehr seitwärts getrieben werden. Da nun die Coëfficienten der Ausflussmengen bei der Verkleinerung des Convergenzwinkels im Anfange steigen und später sinken, z. B. bei 50° beinahe den gleichen Werth wie bei 0° (= 0,85 und 0,82), bei 12° dagegen ihr Maximum (0,95), nach Castel, darbieten, so wird die Winkelveränderung den Ausfluss in unserem Falle während eines grossen Theiles der Durchgangsdauer begünstigen oder wenigstens nicht wesentlich beeinträchtigen.

Fig. 70.

Gestaltveränderungen des klopfenden Herzens

§. 430. Die Formveränderungen, welche die Systole und die Diastole begleiten, können am Frosche am leichtesten verfolgt werden. Fig. 71 und Fig. 72 liefern ein Bild derselben, das nach einem mit Aether betäubten grossen Grasfrosche (*Rana esculenta*) entworfen worden. *a b* entspricht dem äusserlich einfachen und innen in zwei Säcke getrennten Vorhof, *c d* der Basis und *e* der Spitze der einfachen Kammer *c d e*, *f* der Arterienzwiebel (§. 404) der sich bald in zwei seitliche Aeste *g* und *h* spaltenden Hauptschlagader. Die Querfurche des Herzens, welche der Grenze der Vorhöfe und der Kammer entspricht, fällt daher in den Bezirk von *c d*.

Fig. 71.



Fig. 72.



Fig. 71 zeigt die Systole der Vorkammern und die Diastole der Kammer. Die Atrien *a b* erscheinen dann verengt und zusammengedrückt, der Ventrikel *c d e* dagegen verbreitert und abgeplattet. Fig. 72 liefert die Anschauung der Diastole der strotzend gefüllten Vorhofssäcke *a b* und der kegelförmig oder rundlich pyramidal gewordenen systolischen Kammer *c d e*, deren bei *c e* befindlicher Rand nach unten hin abfällt.

Die durchgreifenden Störungen, welche die Eröffnung der Brusthöhle erzeugt, hindern die Aufnahme einer ähnlichen für die Säugethiere gültigen Normalfigur. Die Form, die eine Hauptabtheilung während der Systole annimmt, wechselt in der Regel von einem Schlage zum anderen.

§. 431. Die ungleiche Vertheilung der Muskelmassen und der Ge-

webeelemente überhaupt, der wir in dem Herzen begegnen, lässt schon von vornherein erwarten, dass die Diastoleform mit dem Füllungsgrade des Herztheiles schwanken wird. Die Erfahrung bestätigt dieses für das lebende und das todte Thier. Ein Wechsel der Elasticitätsgrössen der Wandungen kann ungleiche Gestalten bei denselben Füllungsgraden in beiden Fällen zur Folge haben.

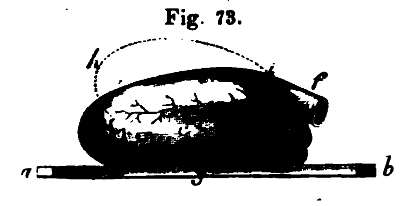
§. 432. Die unveränderliche Anordnung der Muskelfasern wird die Wiederkehr der gleichen Systolegestalt möglich machen, wenn sich alle Muskelelemente, sie mögen nur einem Herzabschnitte oder beiden Hälften gemeinschaftlich angehören, jedes Mal adäquat zusammenziehen. Die vollständige gleichzeitige Entleerung beider Vorkammern oder beider Ventrikel könnte diese daher immer zu derselben Gestalt zurückführen. Eine ungleiche Thätigkeit der zwei Herzhälften oder der einzelnen Muskelmassen eines Sackes dagegen müsste auch Formschwankungen zur Folge haben. Abweichungen der Nervenerregung, Störungen in dem Verhältnisse der Widerstände des grossen und des kleinen Kreislaufes und selbst Verschiedenheiten der Füllungsgrade der einzelnen Herzhöhlen können Variationen der Systoleform von einem Herzschlage zum anderen nach sich ziehen. Die systolischen Durchmesserveränderungen werden von der vorangegangenen Diastolegestalt abhängen.

§. 433. Obgleich die untergeordneten Verhältnisse mannigfach abweichen, so strebt doch die systolische, sich vollständig entleerende Kammer des Froschherzens eine rundlich pyramidale Form anzunehmen. Die zusammengezogenen Ventrikel der Katze sollen einen gerade auf der Kammerbasis ruhenden Kegel, nach Ludwig's Angaben, zu bilden suchen. Man sieht einen an der Basis abgeschnittenen ellipsoidischen Rotationskörper (*gh*, Fig. 73) in dem Augenblicke der Ventrikelverkürzung des Kaninchenherzens.

Hebung der Herzspitze.

§. 434. Das ausgeschnittene Herz der Fische, der Reptilien und der jungen Säugethiere klopft in der Regel lange fort. Es pflegt dagegen in Vögeln und älteren Säugethieren früher still zu stehen. Der Spitzentheil der Kammer hebt sich dabei nicht selten während der Systole. Fig. 73 sucht dieses aus dem Kaninchen darzustellen. Die Hauptfigur zeigt den Augenblick der Kammerdiastole, während das Herz auf der wagerechten Glasplatte *ab* ruht. Die punktirte Linie giebt die Lage der Kammern im Momente der Systole an. Die Umrisse beider Zeichnungen sind in den ersten Zeiten des lebhaften Herzschlages entworfen worden. *c* bedeutet die linke diastolische Kammer, *d* das linke Herzohr, das sich mit dem Sinus systolisch zusammengezogen, und *f* die Aorta. *ghi* drückt die Lage des systolischen Ventrikels aus. Man sieht zugleich, dass sich der von der Spitze nach der Basis verlaufende Längendurchmesser mit der Systole der Kammer verkleinert hat.

Fig. 73.



§. 435. Die Hubhöhe der Herzspitze *h* wechselt mit der Zusammenziehungsgrösse und der Lage des Herzens. Man hat den Satz aufgestellt,

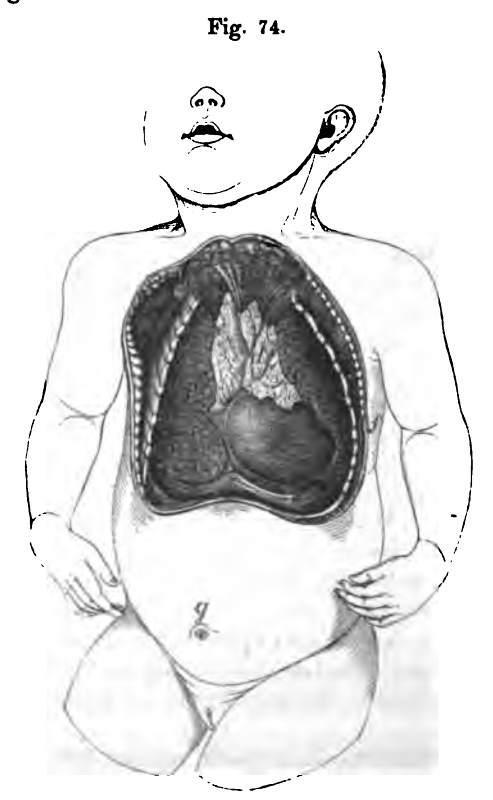
dass sie mit dem Winkel, den die Spitzenseite der Kammerbasis mit der Unterlage bildet, zunimmt, weil der systolische Ventrikel kegelförmig wird. Dieses setzt voraus, dass die zusammengezogenen Kammern einen geraden Kegel in jedem Falle darstellen, dass mithin eine adäquate Zusammenziehung der Muskelfasern des ganzen Umkreises stattfindet. Jede Störung der Gleichförmigkeit würde daher schon jene Norm beseitigen. Man kann in Säugethieren bemerken, dass sich die Spitze allein nach oben begiebt, wenn sich die Muskelfasern der Basis unvollständiger verkürzen. Sie hebt sich noch, wenn auch die Basalhälfte der Musculatur fortgenommen worden. Die nächste Ursache der Ortsveränderung liegt daher in den Muskelmassen der Spitzenhälfte und nicht in Stützpunkten, die nur die Basis liefern kann.

Herzstoss.

§. 436. Man fühlt den Herzstoss des ruhig athmenden Menschen in der Gegend der fünften bis sechsten Rippe der linken Seite und sieht die Bewegung in dem entsprechenden Zwischenrippenraume oder in einem ausgedehnteren Bezirke magerer Menschen, in wohlbeleibten mit sehr kräftigem Herzschlage, vorzüglich aber in Kranken, deren Herzkammermasse sich beträchtlich vergrössert hat. Das Ohr vernimmt ihn zur Zeit des ersten Herztones.

§. 437. Betrachtet man die Fig. 24 S. 55 gegebene Seitenansicht der Lagenverhältnisse der Brust- und der Baucheingeweide, so findet man, dass die Kammergegend *a* des in dem Herzbeutel eingeschlossenen Herzens der Brustwand *δ* und dem Zwerchfelle *mno* nahe liegt. Fig. 74 zeigt uns die Brusthöhle eines im achten Schwangerschaftsmonate geborenen Kindes, das zwei Tage lang gelebt hatte. Man sieht hier von vorn, wie die untere Kammerhälfte *a* die linke Hälfte des Zwerchfelles *e* berührt und dasselbe für die verlängert gedachte Brustwand *f* wiederkehrt. Der Anschlag des Herzens macht sich auch nach diesen beiden Seiten hin, nach Kiwisch, geltend. Man fühlt ihn an dem Zwerchfelle von Schafen, deren Unterleib geöffnet worden.

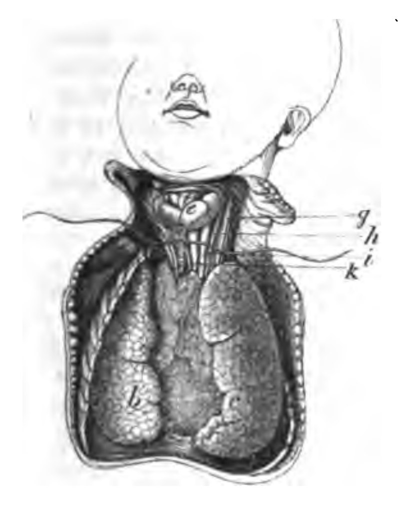
Fig. 74.



§. 438. Wir können ihn unter zweierlei Nebenbedingungen unkenntlich

machen. Lehnt man sich schief nach hinten und athmet so tief als möglich ein, so wird der Herzstoss nach und nach undeutlicher. Man bemerkt ihn zuletzt gar nicht mehr. Fig. 75 kann den Grund dieser Veränderung erläutern.

Fig. 75.



Die Lungen *bc*, die in Fig. 74 zusammengefallen waren, sind jetzt aufgeblasen dargestellt. Ein Theil der linken Lunge schiebt sich dann zwischen das Herz *a* und die linke Brustwand ein. Da aber die mit elastischen Gasen gefüllten Athmungswerkzeuge die Erschütterungen, wie eine nachgiebige Zwischenwand, auffangen, so kann auch der Herzstoss an der Brustwand nicht gefühlt werden. Wendet man sich in horizontaler Lage von der linken nach der rechten Seite, so wird man bemerken, dass der Herzstoss ebenfalls abnimmt. Diese Thatsachen lehren aber, dass das Herz nicht unveränderlich an der Brustwand angepresst bleibt und der Anschlag mit einer gewissen gegenseitigen Entfernung beider aufhört.

§. 439. Man hat sich die Erscheinung dadurch zu erklären gesucht, dass die Systole der Kammern den ganzen Spitzentheil derselben nach vorn bewegt. Die Aenderung des Schwerpunktes des an den grossen Gefässen aufgehängten Herzens bei der Entleerung der Kammern und der Fortdauer der Füllung der Vorhöfe kann eine Bewegung nach der Brustwand hin begünstigen. Die mögliche Streckung des Aortenbogens wird eine Ortsveränderung nach vorn und nach unten fördern. Kiwisch schrieb die wesentliche Ursache des Anschlages der Verdickung, welche die sich zusammenziehenden Muskelmassen erleiden, zu. Diese plötzliche Volumensänderung soll eine hinreichende Excursionsweite darbieten, um gegen die unmittelbaren Nachbargebilde der Kammern, mithin gegen Brustwand und Zwerchfell, anzustossen.

Explorationsnadel im Herzen.

§. 440. Man kann eine Insectennadel oder selbst einen etwas stärkeren Stift in den Bezirk, in welchem man den Herzstoss am deutlichsten fühlt, einstechen. Die Bewegungen der Explorationsnadel zeigen die Zahl der Herzschläge an. Die Elongationen des Knopfes geben das Quantum des Ausschlages in vergrössertem Maassstabe nach Art eines Fühlhebels. Man hat daher hierin ein Mittel, den Herzschlag an einem unversehrten Thiere zu verfolgen, und kann z. B. auf diese Weise die Zahl der Pulsationen in einem erstarrten Murmelthiere verfolgen, ohne den Winterschlaf desselben zu stören.

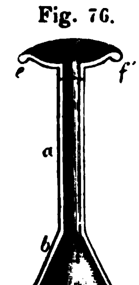
Tödtet man rasch ein Thier, in dessen Herz man eine Nadel an der Pulsationsstelle eingeführt hat, so findet man diese immer in der Spitzenabtheilung der Kammern. Man wird sich durch vergleichende Versuche überzeugen, dass der Gesammtbezirk des Herzstosses nur jener Spitzenhälfte entspricht.

§. 441. Die hier in Betracht kommenden Erscheinungen können in Thieren, deren Brusthöhle geöffnet worden, nicht gehörig verfolgt werden. Der freie Eintritt der Atmosphäre in die früher hermetisch geschlossene Brusthöhle verschiebt die Theile in störendster Weise. Der Herzschlag selbst bewahrt nicht mehr die zu sicheren Beobachtungen nöthige Regelmässigkeit. Man sieht nur hin und wieder eine Hebung der Herzspitze, wenn das Thier auf dem Rücken liegt. Sie ist an Neugeborenen mit Herzektopieen (§. 412) häufig beobachtet worden. Das Herz dreht sich zugleich mit einer nicht unbedeutenden Winkelgeschwindigkeit in beiden Fällen. Die vordere Hälfte der systolischen Kammer wendet sich in der Regel von links nach rechts. Man kann eine ähnliche Bewegung im todten Herzen erzeugen, wenn man Wasser von der unteren Hohlvene oder den Lungenvenen aus einspritzt.

Stethoskop.

§. 442. Hat man das Ohr in der Gegend des Herzstosses angelegt, so hört man zwei Töne, einen ersten tieferen und dumpferen und einen zweiten höheren, helleren und kürzeren. Man bedient sich in der Regel des Hörrohres oder des Stethoskopes, um diese wie die übrigen Töne und Geräusche, die in dem lebenden Körper auftreten, deutlicher wahrzunehmen. Fig. 76 zeigt die Vorrichtung in senkrechtem Längendurchschnitte. Der Trichter *bcd* wird auf den zu prüfenden Körpertheil und das Ohr des Beobachters an die Elfenbeinplatte *e f* gelegt. Man kann übrigens selbst die schwächeren Schallwirkungen der Innentheile unseres Körpers eben so gut vernehmen, wenn man das Ohr an die Nachbargebilde der Ursprungsquelle der Tönung unmittelbar anfügt.

Fig. 76.



Herztöne.

§. 443. Der erste Herzton fällt mit der Systole der Kammern, der zweite dagegen mit der Diastole zusammen. Die Entfernung der Brustwände hebt keinen von beiden auf. Die Coincidenz des ersten Tones mit dem Herzstosse (§. 437) geht natürlich verloren. Hat man die untere Ausgangsöffnung des Stethoskopes mit einer gespannten Haut gedeckt und setzt diese auf das blossgelegte Herz, so überzeugt man sich, dass der erste Ton seine grösste Intensität an dem Basaltheile der Kammern und der zweite an den Ursprungsstellen der Schlagadern besitzt.

§. 444. Diese Erscheinungen können schon die Vermuthung, dass die Herztöne Ventiltöne sind, begründen helfen. Der erste Ton rührt von den venösen und der zweite von den halbmondförmigen Klappen her. Wenn sich die dreizipfelige und die zweizipfelige Klappe (*ab*, Fig. 63 S. 120) unmittelbar nach dem Ende der Vorhofssystole gestellt haben, so wird der plötzliche Stoss der Kammersystole die Segel und deren Stützsehnen, die beide immer mehr gespannt werden (§. 426), in Erschütterung versetzen und zu nachhaltiger Tonbildung anregen [14]). Der zweite Ton erzeugt sich kurz nach dem Anfange der Kammerdiastole, wenn die elastische Rückwirkung der Schlagaderwände die halbmondförmigen Klappen der Lungenarterie und der Aorta gestellt hat (*dc*, Fig. 64 S. 121). Diese durch ihr gegenseitiges Zusammenstossen gespannten Taschen können dann mit Ge-

schwindigkeiten, welche einer höheren Tonbildung entsprechen, regelmässig und nachhaltig schwingen.

§. 445. Die mathematische Physik sieht eine schwingende Membran als ein Aggregat neben einander liegender Saiten an und sucht deren Tonverhältnisse auf die einfacheren Gesetze von diesen zurückzuführen. Obgleich diese Auffassungsweise experimentell noch nicht vollständig begründet worden, so lässt sich doch mit Recht annehmen, dass sie im Grundprincipe der Wahrheit entspricht. Die Tonhöhe einer gespannten und transversal schwingenden Saite steigt in geradem Verhältnisse mit der Quadratwurzel des Spannungsgewichtes und umgekehrt, wie die Länge, die Dicke und die Quadratwurzel der Eigenschwere. Die grössere Kürze und Dünne der halbmondförmigen Klappen kann daher einen höheren Ton, als die venösen Klappen unter sonst gleichen Verhältnissen erzeugen. Wir werden zwar später sehen, dass die Spannungen für jene Arterienventile kleiner als für die Kammerventile ausfallen. Dieser Unterschied greift aber nicht in seiner ganzen Grösse nach dem eben erwähnten Gesetze ein und compensirt daher nicht die entgegenstehenden Verhältnisse der Länge und Dicke. Der zweite Herzton bleibt daher höher als der erste. Es ergiebt sich aber von selbst, dass der Wechsel, den wir in dem Bau der Klappen und den Verhältnissen der Spannungen antreffen, die absolute und die relative Tonhöhe ändern kann. Küchenmeister fand, dass die beiden Töne um eine kleine Terz aus einander lagen. Ein geübter Musiker, der die tonähnlichen Geräusche meines Herzens zu wiederholten Malen mit Claviertönen verglich, erklärte sie für g und a.

§. 446. Die Schallwellen eines elastischen festen Körpers theilen sich anderen elastischen festen Körpern mit verhältnissmässig geringstem, und gasförmigen mit relativ stärkstem Intensitätsverluste mit. Man hört deshalb die Herztöne nur dann, wenn das Ohr oder das Stethoskop die Brustwand unmittelbar berührt. Der Bezirk des Herzstosses giebt den ersten Ton deutlicher, weil hier die Herzmasse dem Thorax näher liegt. Die Einschaltung der mit Luft gefüllten Lungenabschnitte dagegen (§. 438) schwächt auch die Hörbarkeit der Herztöne. Sie pflanzen sich durch die grossen Blutgefässe mit beträchtlicher Stärke ebenfalls fort. Man kann sie daher deutlich vernehmen, wenn man das mit einer Membran überspannte Hörrohr (§. 442) auf die blossgelegte Halsschlagader eines Thieres setzt.

§. 447. Die gesammte Körperlänge des Menschen bildet einen fast verschwindend kleinen Bruchtheil derjenigen Wegstrecke, welche der Ton in einem flüssigen Körper in einer Secunde durchläuft. Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit von Tönen, die sich im Wasser unbegrenzt verbreiten, gleicht, nach Colladon, 1435 Meter. Ist dagegen die Flüssigkeit in einer Röhre eingeschlossen, so sinkt diese Secundengrösse, nach Wertheim, im Verhältniss von $\sqrt{8} : \sqrt{2}$ oder auf 1172 Meter. Man sieht hieraus, dass man die Herztöne nur um einen verschwindend kleinen Theil später in der Carotis als an ihren Ursprungsstellen hören wird. Das gegenseitige Zeitverhältniss wird aber dadurch verändert werden, dass die Erzeugungsorte des zweiten Tones der Beobachtungsstelle näher als die des ersten liegen, oder dass eine Differenz der Weglängen beider vorhanden ist.

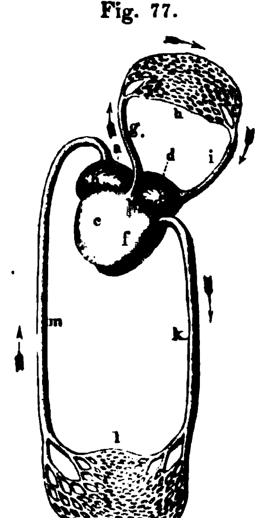
§. 448. Man hat häufig den ersten Herzton auf einen Muskelton, d. h. ein Geräusch, wie man es bei der Zusammenziehung der unter der Haut liegenden Muskeln hört, zurückzuführen gesucht. Diese Ansicht, welche schon die Qualität der Tonbildung gegen sich hat, findet ihre Widerlegung in der Thatsache, dass krankhafte Entartungen der venösen Klappen den ersten Ton zu ändern pflegen. Hat man die halbmondförmigen Klappen eines Säugethieres zerstört, so fällt der zweite Ton hinweg.

§. 449. Die Voraussetzung, dass die Herztöne Ventiltöne sind, führt unmittelbar zu der Ueberzeugung, dass nicht zwei, sondern vier Töne während der Dauer eines Herzschlages auftreten. Wir hören nur zwei, weil je zwei ähnliche und gleichzeitige Töne, die der drei- und der zweizipfeligen Klappen und die der beiden Arten von halbmondförmigen Taschen zusammenfallen. Ist eine der venösen Klappen verkalkt, so lassen sich auch bisweilen zwei tonähnliche Geräusche statt des ersten Tones wahrnehmen. Da aber der eine Normalton in diesem Falle schwächer ausfällt, als die sich summirenden Intensitäten beider unter regelrechten Verhältnissen, so wird oft die Doppeltönung unkenntlich. Das Gleiche kann für den zweiten Ton bei der Entartung des einen Systemes halbmondförmiger Klappen wiederkehren.

Relative Capacitäten der Herzhöhlen.

§. 450. Die Frage, welche Blutmenge jeder einzelne Hauptabschnitt des Herzens in einem gegebenen Augenblicke enthält, kann weder am lebenden noch am todten Herzen direct entschieden werden. Die Quantität von Wasser oder von Quecksilber, die ein Vorhof oder eine Kammer fasst, hängt von der Elasticitätsgrösse der Wände und dem Drucke der Flüssigkeit wesentlich ab. Jene wechselt aber nach dem Tode in bedeutendem Maasse. Dieser Umstand führt häufig zu dem Irrthume, dass die rechte Kammer viel mehr Blut als die linke aufnehme. Der Versuch, alle Gefässausgänge des klopfenden Herzens gleichzeitig zu schliessen, gelingt bei der kurzen Dauer der Herzschläge (§. 409) fast nie vollständig. Er würde auch nur über die Gesammtcapacität je einer Herzhälfte in einem gegebenen Augenblicke belehren. Man ist daher hier auf theoretische Auffassungen angewiesen.

Fig. 77.



§. 451. Wir werden später sehen, dass das Gesammtvolumen der im Körper vorhandenen Blutmasse während einer Reihe von Minuten oder innerhalb einer grösseren Zahl von Herzschlägen unmerklich wechselt. Man kann es daher als eine beständige Grösse für unsere Betrachtung, die sich zugleich auf die Durchschnittsmengen und nicht auf einen einzelnen Herzschlag bezieht, ansehen. Wir wollen nun voraussetzen, dass die rechte Kammer *c*, Fig. 77, mehr Blut aufnimmt, als die linke. Der Ueberschuss wird entweder von vornherein in den Lungen bleiben oder nach dem lin-

ken Vorhofe *d* gehen und von da in die Lungen zurücktreten. Beides würde zu einer Blutanhäufung in den Lungen, zu einer fortgesetzten Füllungsvergrösserung des Athmungskreislaufes, mit einem Worte zur Unmöglichkeit der Fortdauer einer regelrechten Circulation führen. Diese setzt mithin voraus, dass die beiden Kammern dieselbe physiologische Capacität im Durchschnitte darbieten.

§. 452. Vergleichen wir eine Kammer mit der ihr entsprechenden Vorkammer, so wird die Entscheidung der Frage verschieden ausfallen, je nachdem Blut aus dem Vorhofe centrifugal zurückkehrt oder nicht (§. 416). Können das Herzohr und der Sinus all ihr Blut der Kammer überliefern, so ergiebt sich die Gleichheit der physiologischen Capacität aller Hohlräume des lebenden Herzens ohne Weiteres. Weicht hingegen eine gewisse Blutmenge nach den Hohl- oder den Lungenvenen zurück, so wird das Quantum von dieser den physiologischen Capacitätsunterschied des Vorhofes und der Kammer in dem gegebenen Augenblicke ausdrücken und für den Kreislauf selbst verloren gehen. Es versteht sich von selbst, dass diese Differenz kleiner als der Capacitätswerth selbst ist. Wir haben früher (§. 416) gesehen, dass die Kreisfasern, die wir an den Ursprungsstellen der Blutadern antreffen, den Rückgang zu verhüten suchen. Lassen wir jene schwankende Blutmasse unbeachtet, so müssen alle vier Herzhöhlen die durchschnittlich gleiche physiologische Capacität im Leben darbieten. Dieses schliesst augenblickliche Ungleichheiten keineswegs aus. Sie können durch verschiedene Arten der Füllung oder der Entleerung der Herzhöhlen, durch einen momentanen Wechsel der Capacitäten, Füllungen oder Ableitungen oder der Widerstände in dem Körper- oder dem Lungenkreislaufe bedingt sein. Eine Reihe von Herzschlägen wird aber die Abweichungen ausgleichen und zu dem physiologischen Normalmittel zurückführen müssen, wenn die relativ gleiche Vertheilung in dem gesammten Kreislaufsringe oder die Regelmässigkeit der Circulation bestehen soll.

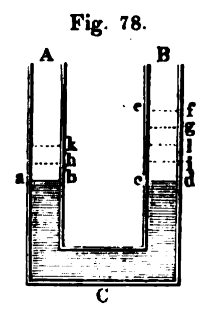
Blutbewegung im Herzen.

§. 453. Die Hauptmasse des Blutes, welche die Kammersystole austreibt, dringt in die Lungenschlagader und die Aorta und daher meist zu Körpertheilen, die von dem Herzen entfernt liegen. Eine verhältnissmässig geringe Menge kehrt am Anfange der Aorta durch die rechte und die linke Kranzschlagader (*mn*, Fig. 63 und 64, *bu*, Fig. 55, und *no*, Fig. 56) zur Herzmasse zurück. Da die grösseren Aeste von diesen an der Oberfläche des Herzens und unter dem Herzbeutelüberzuge desselben liegen (Fig. 55 und 56), so werden sie nur durch die systolische und diastolische Formveränderung des Herzens verschoben, nicht aber merklich zusammengedrückt. Sie klopfen daher wie die übrigen Körperschlagadern. Das Herzblut kehrt durch die Mündungen der grossen Herzvene (*g*, Fig. 60 S. 118) und die der kleinen Herzblutadern in den rechten Vorhof zurück. Die Systole begünstigt die Entleerung dieser Gefässe. Das Herz selbst bildet auf diese Weise ein Pumpwerk, welches seine eigene Masse mit immer neuem Blute versorgt.

Hydrostatisches Gleichgewicht.

§. 454. Gefässsystem. — Man kann sich das allgemeinste hier in Betracht kommende Verhältniss an einer zweischenkligen Röhre klar machen. Gesetzt, man hätte eine Röhre ABC, Fig. 78, die den gleichen Querschnitt überall darbietet, senkrecht gestellt und mit einer tropfbaren Flüssigkeit theilweise angefüllt, so werden sich die beiderseitigen Spiegel ab und cd, nachdem sie zur Ruhe gekommen, in hydrostatischem Gleichgewichte, d. h. in einer und derselben, die Schwererichtung senkrecht schneidenden Ebene befinden, weil sich die beiderseitigen Drucke auf die senkrechte Mittelebene nur in diesem Falle aufheben. Der Umkreis eines jeden Spiegels muss aus jener Ebene heraustreten, wenn die Adhäsionserscheinungen Veränderungen herbeiführen.

Fig. 78.



Hydrostatische Druckhöhe.

§. 455. Wir wollen uns ab mit einem Stempel oder einem anderen widerstehenden Körper geschlossen denken. Es sei hierauf eine gleichartige Flüssigkeitssäule $efdc$ aufgeschichtet worden. Der unendlich dünne Flüssigkeitsfaden ec drückt auf ein entsprechendes Flächenelement von cd. Da sich aber der Druck von einem tropfbar flüssigen Molecüle innerhalb der übrigen Flüssigkeit nach allen Seiten hin ungeschwächt fortpflanzt, so drücken auch alle übrigen Flächenelemente von cd eben so gut nach abwärts, nach C hin, als nach aufwärts, nach ef, mit einer dem Flüssigkeitsfaden ec entsprechenden Kraftgrösse. Allen nach oben gerichteten Drucken stehen die gleichen Drucke der über den entsprechenden Flächenelementen von cd befindlichen unendlich dünnen Flüssigkeitsfäden von $efdc$ entgegen. Es ist also eben so gut, als wäre nur der eine unendlich dünne Flüssigkeitsfaden ec vorhanden, dessen nach unten gerichtete Wirkung längst der ganzen Wassersäule $cdCba$ thätig bleibt. Man sieht hieraus, weshalb die hydrostatische Druckhöhe von dem Querschnitte der drückenden Säule unabhängig ist. Ihr Werth wechselt aber mit dem specifischen Gewichte der drückenden Flüssigkeit. Will man daher die Druckhöhe h einer Flüssigkeit, deren Eigenschwere s auf die äquivalente Druckhöhe h' einer zweiten Flüssigkeit von dem specifischen Gewichte s' zurückführen, so hat man $h' = h \cdot \frac{s}{s'}$. 1 Centimeter Quecksilberdruck ist daher als ein Aequivalent von 13,596 Centimeter Wasserdruck anzusehen.

Flächendruck.

§. 456. Der Druck, den die Ueberschusssäule $efcd$ gegen die Oberfläche der bei ab befindlichen Widerstandsfläche ausübt, vergrössert sich um so mehr, je mehr Flächenelemente, die von ec aus belastet werden, vorhanden sind, d. h. der Flächendruck oder der absolute Druck gleicht dem Gewichte einer Säule der gleichen Flüssigkeit, welche die Fläche ab zur Basis und die hydrostatische Druckhöhe ec zur Höhe hat. Es erklärt sich hieraus, weshalb man die hydrostatische Druckhöhe in linearen Einheiten, z. B. in Millimetern, den Flächendruck dagegen in Volumen- oder Gewichtseinheiten, z. B. in Cubikcentimetern einer bestimmten Flüssigkeit oder in Grammen angeben muss.

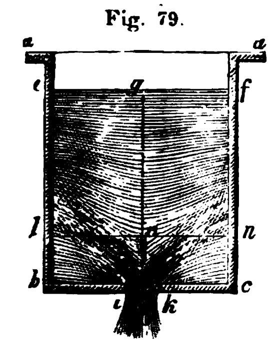
Herstellung des Gleichgewichts.

§. 457. Wird die an ab befindliche Widerstandsfläche entfernt, so wird der Ueberschussdruck eine Verrückung der Flüssigkeitstheilchen in seiner Richtung unterhalten, bis das hydrostatische Gleichgewicht hergestellt ist. Lassen wir die pendelartigen Schwankungen, welche dieser Ortsveränderung folgen, unbeachtet, so wird z. B. ab innerhalb einer gewissen Zeit bis h steigen und ef bis g hinabgehen. Dieses Spiel setzt sich so lange fort, bis die beiden Flüssigkeitsspiegel k und l in der gleichen Horizontalebene liegen.

Toricelli's Theorem.

§. 458. Tritt eine Flüssigkeit, die bis zur Höhe ef in einem Behälter $abcd$, Fig. 79, aufgeschichtet worden, zur Oeffnung ik hervor, so bildet

Fig. 79.



gh oder die von der Mitte der Ausflussöffnung nach dem Gleichgewichtsspiegel gezogene Senkrechte die Druckhöhe, welche die Flüssigkeit auszutreiben sucht. Die Hydraulik nimmt gewöhnlich als theoretischen Lehrsatz, als sogenanntes Toricelli'sches Theorem an, dass die Geschwindigkeit, mit der eine beliebige Flüssigkeit zu ik ausfliesst, der eines Körpers gleicht, der von g nach h im luftleeren Raume heruntergefallen wäre. Nennt man die Fallhöhe h und die Schnelligkeit c, so ist $c = \sqrt{2gh}$, wenn man die Beschleunigung der Schwerkraft oder die doppelte Weglänge, welche ein Körper in der ersten Secunde seines Falles im leeren Raume durchsetzt, g nennt ($g = 9{,}8088$ Meter für Paris). Man braucht nur den Werth der Druckhöhe mit h zu bezeichnen, um jene Gleichung für die theoretische Ausflussgeschwindigkeiten brauchbar zu machen. Die letzteren verhalten sich daher wie die Quadratwurzeln der Druckhöhen und diese wie die Quadrate der Geschwindigkeiten. Ist gh auf nh, Fig. 79, herabgesunken und z. B. um $^3/_4$ des früheren Werthes verkleinert worden, so wird jetzt die theoretische Ausflussgeschwindigkeit die Hälfte der früheren betragen.

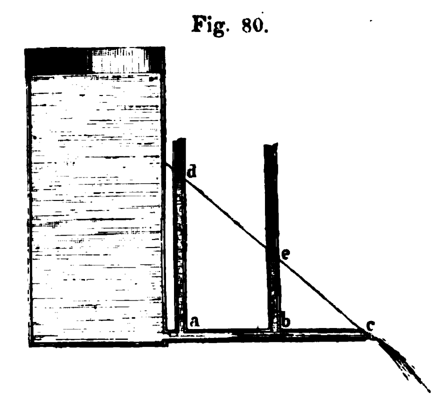
Die Erfahrung führt zu anderen Werthen, als das Toricelli'sche Theorem angiebt. Man muss daher die rechte Seite der Gleichung mit einer aus den Beobachtungen sich ergebenden Grösse A, dem Ausflusscoëfficienten, multipliciren, um die praktisch richtige Zahl zu erhalten ($c = A\sqrt{2gh}$). Dieses rührt nicht bloss von dem Widerstande der Luft und der Wechselwirkung der Flüssigkeit und der Wände, sondern auch davon her, dass der Toricelli'sche Lehrsatz die Einzelbewegungen der Flüssigkeitstheilchen vor und während des Durchflusses durch die Ausgangsöffnung unberücksichtigt lässt und daher selbst theoretisch unvollständig ist.

Widerstandshöhe und Geschwindigkeitshöhe.

§. 459. Strömt eine Flüssigkeit durch eine angefügte Röhrenleitung abc, Fig. 80 (s. f. S.), so treten noch andere, die Geschwindigkeit ändernde Bedingungen hinzu. Die an die Innenfläche der Röhrenwand grenzenden Flüssigkeitstheilchen haften an dieser mit einer gewissen Adhäsionsgrösse an. Sie müssen hier losgerissen und über die Unebenheiten der Röhrenwand fortgeführt werden. Wir haben daher zweierlei Widerstände, den der Adhäsion und den der Reibung, zu berücksichtigen. Ein Theil

der Stromkraft und mithin auch der Ausflussgeschwindigkeit geht auf diese Weise verloren. Die Abnahme der letzteren kann aber als eine negative Geschwindigkeit, die man auf eine bestimmte Druckhöhe nach dem Toricelli'schen Lehrsatze zurückzuführen vermag, angesehen werden. Man unterscheidet daher eine ursprüngliche Druckhöhe H, eine Widerstandshöhe w und eine wirkliche, reelle oder effective Geschwindigkeitshöhe oder Geschwindigkeitshöhe überhaupt, h. Man hat hiernach $h = H - w$ und $c' = \sqrt{2g(H-w)}$, wenn jetzt c' die wirkliche Ausflussgeschwindigkeit darstellt.

Fig. 80.



Ausdruck der Widerstandshöhe.

§. 460. Coulomb und Gerstner gingen von einer ziemlich einfachen Betrachtung bei der allgemeinen Auffassung dieser Art von Röhrenwiderständen aus. Die Strömung muss die an der Röhrenwand liegenden Theilchen losreissen. Dieses wird sich um so öfter wiederholen, je rascher die Flüssigkeit dahingleitet. Nennt man v die Geschwindigkeit, mit welcher die Flüssigkeit dahinströmt, und α einen Coëfficienten, der von der Adhäsion der Flüssigkeit an die Röhrenwand abhängt und folglich bei der Unveränderlichkeit beider constant bleibt, so lässt sich die Grösse des Adhäsionswiderstandes durch αv ausdrücken. Die Reibung besteht darin, dass die bewegten Flüssigkeitstheilchen gegen die Unebenheiten der Innenfläche der Röhrenwand anprallen. Die Stösse werden sich in jeder Zeiteinheit um so öfter wiederholen, je grösser die Geschwindigkeit ist. Die Gewalt jedes einzelnen Stosses wächst aber wiederum im Verhältniss der Geschwindigkeit. Die Schnelligkeit wirkt daher hier in quadratischem Verhältnisse ein. Man wird mithin die Reibungshindernisse mit βv^2 bezeichnen müssen, wenn β den von den Unebenheiten der Röhrenwand herrührenden Coëfficienten bezeichnet. Die Widerstandshöhe lässt sich also im Ganzen durch $w = \alpha v + \beta v^2$ ausdrücken.

Die Ermittelung der Coëfficienten α und β fordert mindestens zwei Werthbestimmungen der Grundgleichung, die man durch die Untersuchung der Widerstandshöhen bei zwei verschiedenen ursprünglichen Druckhöhen finden kann. Man wird aber noch fehlerfreiere Zahlen erhalten, wenn man eine ausgedehntere Versuchsreihe anstellt und die wahrscheinlichsten Grössen der Constanten α und β nach der Methode der kleinsten Quadrate zu finden sucht.

Widerstandshöhe in den Blutgefässen.

§. 461. Die Innenflächen der verschiedenen Röhren, in denen sich unser Blut bewegt, zeichnen sich durch ihre Glätte, mithin durch die geringe Grösse der Reibung aus, während die Adhäsion des Blutes die des Wassers um ungefähr das Vierfache übertrifft. Die Einflüsse des Geschwindigkeitswechsels werden daher die Widerstandshöhen weniger, als wenn das Umgekehrte der Fall gewesen wäre, ändern.

§. 462. Denkt man sich, $ab = r$, Fig. 81, sei der Halbmesser des kreisförmigen Querschnittes einer engeren und $ac = nr$ der einer grösseren Röhre,

Fig. 81.



so ergiebt sich von selbst, dass die Innenfläche der kleineren Röhre im Verhältniss zum Querschnitt n Mal so gross als in der weiteren Röhre ausfällt. Die lange und dünne Samenschlagader wird daher mehr Hindernisse als die kurze und weite Nierenarterie darbieten. Bleibt die Glätte der Innenfläche gleich, so lässt sich erwarten, dass die grössten Widerstände in den kleineren Schlag- und Blutadern und vorzüglich in den Haargefässen auftreten werden. Der Widerstand sehr enger Röhren nimmt übrigens, nach Poiseuille, unverhältnissmässig (in vierter Potenz der Durchmesser) zu, weil hier der Wirkungskreis der Adhäsion eine merkliche Grösse im Verhältniss zum Querschnitt erreicht.

§. 463. Diese Beziehungen der Widerstände zu den Geschwindigkeiten erklären es, weshalb wir den grössten Theil der Haargefässe eines Organes einspritzen können, wenn wir die Injectionsmasse unter nicht sehr starkem Drucke langsam einführen. Die geringe Schnelligkeit des Blutlaufes, die wir in den Capillaren antreffen, liefert auch absolut kleinere Widerstandshöhen. Die Glätte der Innenfläche nützt vorzugsweise in den grösseren Hauptgefässen, deren Inhalt die verhältnissmässig grössten Geschwindigkeiten darbietet.

Unbewegliche Schicht.

§. 464. Die Adhäsion, die eine relativ um so bedeutendere Wirkungssphäre findet, je kleiner der Querschnitt ist, erzeugt die sogenannte unbewegliche Schicht der Haarröhrchen. Die centraleren Flüssigkeitsfäden strömen hier merklich rascher, als die peripherischen, welche jene Wandschicht darstellen. Ihre Grösse vermindert sich unter dem Einflusse höherer Wärmegrade, weil diese den Adhäsionserscheinungen entgegenwirkt. Die Ausflussmenge eines und desselben Haarröhrchens fällt daher unter sonst gleichen Verhältnissen in niederer Temperatur kleiner als in höherer aus. Sie nimmt, nach Poiseuille, in gläsernen Haarröhrchen, durch welche Wasser fliesst, um mehr als das Doppelte zu, wenn die Wärme von 0° auf 37°,5 C. erhöht wird. Diese Werthe ändern sich mit dem Adhäsionsgrade, mithin mit dem Wechsel der Flüssigkeit, der Rauhigkeit der Innenwände oder beiden Einflüssen zugleich. Weingeist und Blutserum strömen z. B., nach Poiseuille, langsamer als Wasser. Die Kreislaufsmechanik des Blutes wird hiernach durch die chemische Beschaffenheit des Blutes erschwert. Sie stösst auf günstigere Bedingungen in warmblütigen als in kaltblütigen Geschöpfen.

Krümmungswiderstand.

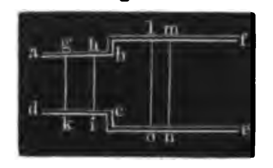
§. 465. Die Krümmungen und die Verzweigungen der Röhren erzeugen eine andere Art von Widerständen. Eine gewisse Summe oder alle Flüssigkeitstheilchen stossen hier nach und nach an die festen Wände des Rohres. Die Zurückwerfung liefert eine Druckgrösse, die als negativer Werth mit dem positiven der vorhandenen Stromesrichtung interferirt und die Geschwindigkeit der Fortbewegung in der gegebenen Bahn herabsetzt. Man nimmt theoretisch an, dass der Krümmungswiderstand mit dem Quadrat der Geschwindigkeit und dem Sinus des Anpral-

lungswinkels oder, wie es richtiger heissen sollte, dem Bogen der Biegung und umgekehrt wie der Krümmungshalbmesser wechselt. Weitere Röhren führen im Allgemeinen zu grösseren Widerstandswerthen als engere, weil die Möglichkeit der Bewegungen der zahlreicheren Flüssigkeitstheilchen und daher auch die Zahl der verzögernden oder aufhebenden Interferenzen grösser ausfällt. Man sieht daher, dass die Hauptstämme der Schlagadern und der Blutadern, in denen sich bedeutende Querschnitte zu den verhältnissmässig grössten Geschwindigkeiten hinzugesellen, die Krümmungs- und Theilungswiderstände begünstigen müssen.

Wechsel des Querschnittes des Flussbettes.

§. 466. Die Erweiterung eines Rohres führt zu einer Vergrösserung des Querschnittes des Flussbettes. Denkt man sich, eine Flüssigkeit geht durch die Cylinderröhre *abcd*, Fig. 82, mit einer so grossen Schnelligkeit, dass der unendlich dünne Querschnitt oder das Querschnittselement *gk* die Weglänge *hi* in einer gegebenen Zeiteinheit durchläuft, so wird die Geschwindigkeit abnehmen, wenn das Fluidum die weitere cylindrische Röhre *bcef* unter den gleichen Nebenbedingungen durchsetzen muss. Da ein Querschnittselement dem anderen folgt, so wird der Flüssigkeitscylinder *ghik* durch *abcd* in der Zeiteinheit durchgetrieben. Gleicht nun der Cylinder *ghik* dem Cylinder *lmno*, so ist *on* die auf dieselbe Zeiteinheit bezogene Geschwindigkeit in *bcef*. Da sich die Längen *on* und *ki* wie die Querschnitte *gk* und *la* verhalten, so folgt, dass sich die Schnelligkeiten umgekehrt, wie die Querschnitte der Flussbette oder die Quadrate der Halbmesser der Cylinderröhren verhalten. Die Erweiterung hat daher eine Abnahme und die Verengerung ein Wachsthum der Geschwindigkeit zur Folge.

Fig. 82.



§. 467. Der Wechsel der Strombette unseres Gefässsystemes rührt in der Regel von den Theilungen her. Geht die Strömung von dem Stamme *a*, Fig. 83, nach den Zweigen *b* und *c*, so kann die Summe der Querschnitte *de* und *fg* grösser oder kleiner als *hi* sein. Man hat eine doppelte Verzögerungsursache in dem ersteren Falle, weil sich der Einfluss der Flussbetterweiterung dem der Gabeltheilung hinzugesellt. Ist aber $de + fg$ kleiner als *ab*, so wird die Verzweigungswirkung der durch die Querschnittsverhältnisse bedingten Strombeschleunigung entgegenarbeiten.

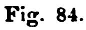
Fig. 83.



Hydraulisches Kreislaufsschema.

§. 468. Wir wollen nun das Fig. 78 §. 132 dargestellte Schema so ändern, dass die Aehnlichkeit mit den Kreislaufsverhältnissen deutlicher hervortritt. Gesetzt *A*, Fig. 84, sei ein Flüssigkeitsbehälter, der einer Herzkammer entspricht und dessen Inhalt in das verzweigte Röhrensystem *BCD*, das Analogon der Schlagadern, ausfliesst. Dieses geht in das Netzwerk feiner Röhren oder Capillaren *EF* über. Die letzteren verbinden sich mit den wiederum weiteren Röhren *GH*, die zu dem Hauptstamme *I* zusammentreten und den Venen entsprechen. Ein zweiter Behälter *K*, das Gegenstück des der Herzkammer *A* entgegengesetzt gelegenen Vorhofes, der die Flüssigkeit aufnimmt, be-

schliesst das Ganze. Der Gesammtquerschnitt des Flussbettes nimmt von


Fig. 84.



B nach *EF* zu und von da nach *I* hin ab. Das ganze System ist ursprünglich mit Flüssigkeit, deren Spiegel die Gleichgewichtslage *ab* und *cd* haben, angefüllt.

Wird neue Flüssigkeit in *A* hinzugegossen, so muss der hydrostatische Ueberschussdruck *ae* eine nach *K* gerichtete Strömung zu erregen suchen. Wir wollen annehmen, *ae* reiche hin, alle Widerstände zu überwinden und den Spiegel *cd* um eine gewisse Grösse zu erhöhen. Die Adhäsion und die Beschaffenheit der Innenfläche der Wandungen seien überall gleich. Die Summe der überwältigten Röhrenwiderstände wächst, wenn wir von *A* nach *K* fortschreiten. Die Druckhöhe nimmt daher von *B* nach *I* immer mehr ab. Vergleicht man aber zwei verschiedene Abstände, so hat der bei *B* liegende Querschnitt eine grössere Summe von Röhrenwiderständen vor sich, als *I*. Die in *B* vorhandene Druckhöhe muss deshalb absolut mehr für die Röhrenwiderstände abgeben, als die, welche für *I* übrig geblieben ist. Tragen wir dieses auf die Arterien und die Venen über, so wird eine grössere Menge von Ueberschussdruck in den Schlagadern als in den Blutadern vorhanden sein. Die Geschwindigkeitshöhe steht aber in den Venen in einem günstigeren Verhältnisse zu der hier vorhandenen Druckhöhe, als in den Arterien. Der Verlust für die Röhrenwiderstände nimmt von der Aorta nach den Hohlvenen oder von der Lungenschlagader nach den Lungenblutadern ab.

Hauptwiderstand in den Capillaren.

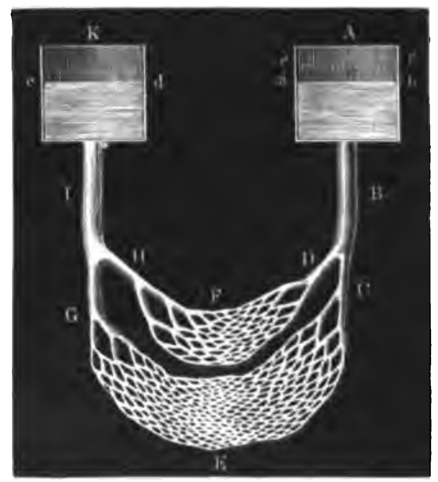
§. 469. Die Haargefässe liefern den grössten Adhäsions- und Reibungswiderstand. Die Hindernisse, welche die Krümmungen und die Theilungen bereiten, werden in den Hauptstämmen der Arterien und der Venen, in denen beträchtlichere Geschwindigkeiten auftreten, im Einzelnen am grössten ausfallen. Da aber jedes grössere Organvolumen weit mehr Biegungen und Spaltungsstellen in seinen Capillaren als in seinen grösseren Gefässen darbietet, so wird sich hier eine beträchtliche Menge von Widerständen summiren. Man sieht hieraus, dass das System der feinsten Blutgefässnetze den Hauptheerd der Widerstände der Kreislaufsmechanik bildet.

§. 470. Die Geschwindigkeit des Blutlaufes sinkt in den Schlagadern mit den sich immer wiederholenden Theilungen, weil die Grösse des Gesammtquerschnittes zunimmt und immer mehr Druckkraft von der Ueberwindung der Widerstände verzehrt wird. Dieser doppelte Verzögerungsgrund greift in dem Haargefässsysteme noch kraftvoller durch. Man findet hier die Minima der Geschwindigkeiten, nicht aber der Drucke, weil der Gesammtquerschnitt des Capillarsystemes den grössten und zwar einen überaus

beträchtlichen Flussbettquerschnitt der gesammten Röhrenleitung liefert, die vorliegenden Widerstände dagegen ihre kleinsten Werthe noch nicht erreicht haben. Die Venen bieten das Umgekehrte dar. Ihre Drucke sinken, je näher wir zum Vorhofe *K* kommen. Die Geschwindigkeit wächst dagegen in ihnen in derselben Richtung, weil der Gesammtquerschnitt nach eben dieser Seite hin immer kleiner wird. Die Thatsache, dass die Drucke ihren grössten Unterschied in dem Anfange des Schlagader- und dem Ende des Venensystemes darbieten, während die Geschwindigkeiten so ziemlich gleich ausfallen können, erklärt sich aus diesen Verhältnissen.

§. 471. Die von *A* nach *K* gerichtete Strömung wird so lange anhalten, als noch Geschwindigkeitshöhe von der ursprünglichen Druckhöhe übrig bleibt. Da aber diese von einem Zeittheile zum anderen sinkt, so hat man eine fortwährende Geschwindigkeitsabnahme. Giesst man nach *A* neue Flüssigkeit, ehe die Strömung zur Ruhe gekommen, und wiederholt dieses nach den gleichen Pausen in ähnlicher Weise, so erhält man eine periodisch beschleunigte Bewegung, die in eine allmälig verlangsamte in den Zwischenzeiten übergeht. Greift der Zufluss früher, als alle Geschwindigkeitshöhe verloren gegangen, ein, so muss ein bleibender Druckunterschied erhalten werden.

Fig. 85.



§. 472. Nehmen wir die Flüssigkeit, welche in *A* gegossen wird, aus *K* heraus und denken uns, dass *A* und *K* die gleichen Querschnitte besitzen, so wird der Gleichgewichtsspiegel in *K* um eben so viel erniedrigt, als in *A* erhöht. Der Druckunterschied verdoppelt sich daher in diesem Falle. Man kann hierdurch die Geschwindigkeit der Bewegung vergrössern und die Strömung durch eine constante Flüssigkeitsmenge des gesammten Apparates unterhalten. Der Vergleich mit dem Herzen liegt hier ziemlich nahe. Der diastolische Vorhof bildet den Behälter *K*, der das Blut während des Strebens der Druckausgleichung aufnimmt. Seine Systole übergiebt es der Kammer und die Zusammenziehung von dieser den Arterien, um wiederum die Druckdifferenz zu vergrössern. Das Pumpwerk des Herzens schöpft, wie Weber sich bezeichnend ausdrückt, Blut aus den Venen und giesst es in die Arterien aus. Da aber diese Herzthätigkeit von Neuem eingreift, ehe der Druckunterschied ausgeglichen worden, so folgt, dass die nach den Venen gerichtete Strömung noch eine Zeit lang nach dem Stillstande des Herzens fortdauern kann.

Elasticität der Gefässwände.

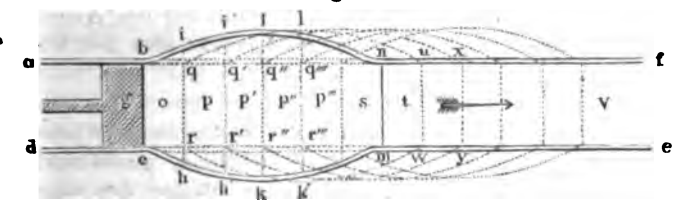
§. 473. Die Wände der Röhrenleitungen unseres Körpers bestehen nicht aus starrem Material, wie die unserer hydraulischen Vorrichtungen. Sie besitzen vielmehr einen bedeutenden Grad von Elasticität, die in den

Schlagadern am vollkommensten ausfällt. Dieses verwickelt die Verhältnisse in nicht geringem Maasse.

Elastische Dehnung.

§. 474. *abcd* und *bcef*, Fig. 86, seien zwei cylindrische und flüssigkeitsdicht verbundene Röhren von überall gleichen Durchmessern. Wir

Fig. 86.



denken uns *abcd* absolut starr, *bcef* dagegen der Quere nach vollkommen elastisch. Das Ganze ist mit Flüssigkeit gefüllt. Ein Stempel *g* treibt den Inhalt von *abcd* nach *bcef* hinüber. Die in der Richtung des Pfeiles oder nach *v* hin thätige Druckwirkung sucht immer die vorliegenden Flüssigkeitstheilchen durch die nachfolgenden zu verdrängen. Da sich aber ein auf einer Flüssigkeit lastender Druck nach allen Richtungen hin fortpflanzt (§. 455), so belastet er auch die Wände $bq''n$ und $br''n$. Wären diese vollkommen starr, d. h. würden sich ihre Massentheilchen in keiner Richtung verschieben, so könnte der Druck die Flüssigkeit nur in der Bahn *v* fortstossen. Dehnt sich aber die Röhrenwand zu *bln* und *ckm* unter seinem Einflusse aus, so muss die Querschnittsvergrösserung mit einer theilweisen Seitenbewegung der Flüssigkeit und einer Abnahme der Geschwindigkeit verbunden sein, weil sich das Flussbett verbreitert und eine gewisse Grösse von Druckkraft für die Dehnung verbraucht wird. Die elastischen Röhren führen daher zu einer momentanen Abnahme des Druckes und der Geschwindigkeit.

Elastische Reaction.

§. 475. Ein vollkommen elastischer Körper, der mit einer gewissen Kraftgrösse gedrückt worden, sucht mit derselben Druckgrösse in seine frühere Lage zurückzukehren. Das gedehnte Röhrenelement $i'l$ und $h'k$ presst daher das Flüssigkeitselement p' mit der gleichen Kraft, mit der es von diesem gespannt worden. Der Druck, der sich wiederum in der Flüssigkeit nach allen Seiten hin fortpflanzt, wirkt auf p'' in der Stromesrichtung *v* und mithin wie eine positive, auf *p* aber entgegengesetzt oder wie eine negative Grösse. Kann die elastische Reaction ihre Wirkung geltend machen, so wird sie die in der Richtung *v* fortschreitende Bewegung der vorliegenden Flüssigkeitselemente zu unterstützen, die der dahinter befindlichen zu beeinträchtigen und die Röhre zu ihrem früheren Umfange zurückzuführen suchen.

Fortbewegung in starren und in elastischen Röhren.

§. 476. Ist *bcef* von starrer Masse, so stösst der Stempel *g* die ganze tropfbare und daher fast incompressible Flüssigkeitssäule in der Druckrichtung auf ein Mal fort. Die Strömung wird aber mit dem Aufhören der Stempelbewegung zur Ruhe kommen. Hat man dagegen elastische Wände, so kann die Reaction derselben eine Bewegung nach dem Aufhören des Druckes anregen. Sie wird jetzt wiedergeben, was für die Spannung zur Zeit der Stempelwirkung verloren gegangen war. Denken wir uns, dass

sich die Stösse immer erst nach einem Zeitintervall wiederholen, so hat man in einem starren Rohre Ruhe während des zweiten, vierten, sechsten Zeittheiles, während ein elastisches auch noch Bewegungen während eines gewissen Quantums derselben Zeitabschnitte darbietet. Trägt man dieses auf das Herz und die elastischen Arterien über, so folgt, dass die Beschaffenheit der letzteren die Druckwirkung der Kammersystole für den Augenblick verkleinert. Die Reaction der Schlagaderwände ersetzt aber den Verlust während der Diastole.

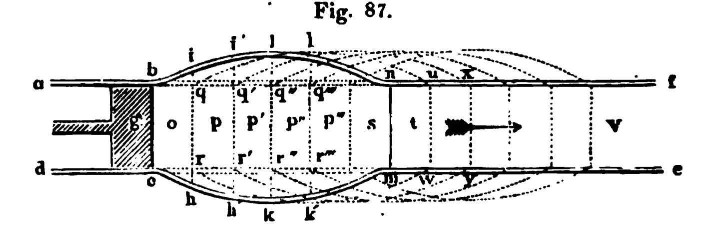
Einfluss der Elasticitätsgrösse.

§. 477. Die Elasticitätsgrösse und die vorliegenden Widerstände bestimmen die Querschnittserweiterung eines gefüllten, transversal vollkommen elastischen Rohres bei einer gegebenen Menge der eingetriebenen Flüssigkeit. Sie wächst nach Maassgabe der Kleinheit der Elasticitätscoëfficienten und der Vermehrung der vorliegenden Widerstände. Die Geschwindigkeit der Fortbewegung sinkt in diesem Falle.

Anspannungswellen.

§. 478. Nehmen wir an, die Thätigkeit des Stempels *g*, welche eine gewisse Flüssigkeitsmenge nach *bcef* überführte, hätte die symmetrische Aus-

Fig. 87.



bauchung *bln* und *ckm* erzeugt. Die äussere Form erinnert dann schon an einen Wellenberg *bln*. Die elastischen Eigenschaften der Röhrenwand geben dem Vergleiche eine tiefere Bedeutung. Setzen wir die Parallele mit Schwingungswellen weiter fort, so ergiebt sich zunächst, dass wir nur die positive Hälfte einer Welle, die Bergwelle, und keine negative oder Thalwelle in unserer Anspannungs- oder Erweiterungswelle vor uns haben. Die Stelle der grössten Ausdehnung, der beträchtlichsten Elongation der Theilchen von der Gleichgewichtslage, die in *kl* fällt, liefert die Amplitude der Welle. Alle zwischen dieser und dem Anfange *bc* oder dem Ende *mn* gelegenen Theilchen befinden sich in verschiedenen Elongationen. Sie streben mit ungleichen Kräften nach der Gleichgewichtslage zurückzukehren, und würden es, wenn es möglich wäre, mit ungleichen Geschwindigkeiten thun. Sie befinden sich mit einem Worte in ungleichen Phasenverhältnissen.

Die vordere und die hintere Hälfte der Bergwelle *bl* haben verschiedene Beziehungen zur Gleichgewichtslage. Schreitet die Welle in der Richtung *v* fort, so liefern die entsprechenden Theilchen *i'* und *l'* gleiche Elongationen, aber entgegengesetzte Bewegungsrichtungen. *i'* sucht in der Folge zur Gleichgewichtslage zurückzukehren, während *l'* sich von ihr immer mehr entfernt, bis sein Abstand die Grösse der Amplitude erreicht hat.

Fortpflanzung der Welle.

§. 479. Denken wir uns jetzt, die Thätigkeit des Stempels sei eben beendigt, so dass die elastische Reaction der Wände beginnen kann. Da die grösseren Dehnungen grösseren Drucken entsprechen, so werden die Spannungen in den Röhrenelementen o, p, p' steigen und in p'', p''' und s abnehmen, bei $b\,c$ und $m\,n$ endlich Null sein. Da nun die elastische Reaction den gleichen Druck, durch welchen die Dehnung hervorgebracht worden, wiedergiebt, und sich eine jede Druckgrösse in einer Flüssigkeit allseitig verbreitet, so wirkt die Elasticität der Wandelemente von o mit einer kleineren Druckgrösse auf p als die von p auf o. Wir erhalten daher einen der Stromesrichtung v entgegengesetzten oder einen negativen Reactionsdruck für o. p bekommt einen geringeren positiven Druck von o und einen grösseren negativen von p'. Die Differenz beider wird also auch hier negativ ausfallen. Ebenso ist der Reactionsdruck von p'' nach p' grösser, als der von p nach p'. Die negative Summe kehrt auch hier wieder. Wir bekommen dagegen positive Summen, wenn wir die entgegenstehenden Reactionsdrucke von p' und p''' auf p'', die von p'' und s auf p''' zusammennehmen. Der Reactionsdruck von s wirkt nur positiv nach dem noch nicht ausgedehnten Röhrenelement $n\,m\,u\,w$.

§. 480. Eine positive Summe der Reactionswirkungen sucht die Flüssigkeit in dem Sinne der Stromesrichtung v zu verschieben, während eine negative dieser entgegenwirkt. Jene beschleunigt daher die gegebene Strömung, während diese sie verzögert oder selbst die Flüssigkeit bei Gleichheit der Interferenzen zur Ruhe bringt. Da die negativen Reactionsunterschiede in der vorderen und die positiven in der hinteren Hälfte unseres Wellenberges auftreten, so heisst dieses, dass die Dehnungen und Strömungen in jener verkleinert und in dieser vergrössert werden, wenn die elastische Reaction wirken kann. Die Welle wird sich daher, sowie der Stempel g zur Ruhe gekommen, in der Stromesrichtung v fortpflanzen.

§. 481. Sollen sich die Welle und deren Füllung um die Wegstrecke $b\,q$ innerhalb einer gewissen Zeit gleichartig verschieben, so dass $b\,l\,n$ zu $b\,l'\,u$ wird, so müssen die Vorbedingungen der Drucke und der Geschwindigkeiten der Flüssigkeitstheilchen diesen Gang möglich machen. Wir können sie aus den eben erläuterten Verhältnissen unmittelbar herleiten.

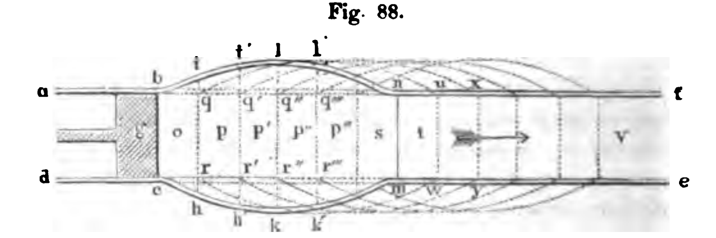
Gesetzt, das Flüssigkeitselement o habe die Geschwindigkeit c am Ende der Stempelbewegung, so fordert die Dehnung von $b\,q$ in $b\,i$ eine Druckkraft, die ebenfalls die Geschwindigkeit c in dem ruhenden Flüssigkeitselemente o erzeugen würde. Geht nun $b\,i$ zu $b\,q$ in einem Zeitabschnitte nach der Stempelruhe zurück, so erhält o die Geschwindigkeit $+ 2\,c$. Soll aber die Welle der Wandung und der Flüssigkeit in der gleichen Zeit um $b\,q$ symmetrisch verschoben werden, so muss $b\,q$ zur Ruhe kommen, d. h. die elastische Reaction des Wandungselementes von p in der Richtung nach o oder dessen negative Reactionswirkung muss $-\ 2\,c$ gleichen. Hieraus folgt, dass p eine ursprüngliche Geschwindigkeit von $+\ 2\,c$ besitzt.

Das Fortrücken der Welle fordert, dass der Werth $2\,c$, den p ursprünglich besass, auf c am Ende der Zeit heruntergegangen ist. Die positive Reactionswirkung von p nach p' hin ist aber $+\ 2\,c$. Geben wir nun p'

eine ursprüngliche Geschwindigkeit von $+ 3c$, so ist jener Bedingung Genüge geleistet.

Dieser Gedankengang lässt sich in gleicher Weise fortsetzen, bis wir zum Orte der grössten Elongation oder der Amplitude gelangen. Wir wollen ihn der Kürze wegen zwischen p' und p'' in kl verlegen. Die gleich-

Fig. 88.



artige Verschiebung des symmetrischen Wellenberges ergiebt dann schon von selbst, dass die ursprünglichen Geschwindigkeiten in den nachfolgenden Elementen p'', p''', s in umgekehrter Ordnung mit denen von o, p, p' übereinstimmen werden. Wir erhalten daher für o, p, p', p'', p''', s der Reihe nach c, $2\,c$, $3\,c$, $3\,c$, $2\,c$, c. Die Wirkung der Reaction lässt sich für die hintere Seite des Wellenberges in ähnlicher Weise wie für die vordere bestimmen, wenn man nur zugleich in Betracht zieht, dass ein c für das vorliegende ruhende Element $nuwm$ als bleibende Geschwindigheit verbraucht wird. Der Reihenfolge c, $2\,c$, $3\,c$, $3\,c$, $2\,c$, c wird aber z. B. bei der Gleichheit der Querschnitte der beiden Röhren $abcd$ und $bcef$ Genüge geleistet, wenn der Stempel die eine Hälfte seiner Wirkungszeit mit beschleunigter und die andere mit verzögerter Geschwindigkeit fortgestossen wird, ehe die Wandungsreactionen eingreifen konnten.

Entleerungswelle.

§. 482. Lässt man den Stempel g nicht vorwärts nach v, sondern rückwärts nach ad gehen, so erhält man eine negative oder eine Thalwelle, eine Entleerungs- oder Abspannungswelle. Die einzelnen Eigenschaften derselben lassen sich wie die der Bergwelle entwickeln. Nur sind hier die Phasen entgegengesetzt, wie in den positiven Wellenhälften.

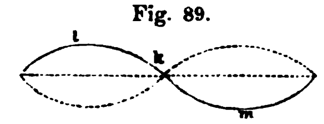
Fortpflanzungsgeschwindigkeit.

§. 483. Die Längenstrecke, während welcher eine Welle innerhalb einer gegebenen Zeiteinheit fortrückt, giebt die Fortpflanzungsgeschwindigkeit derselben. Wenn z. B. die positive Welle einer mit Wasser gefüllten und von einem Wasserdrucke von 8 Mm. gespannten Kautschukröhre 9,62 Meter in 0,744 Secunden in Weber's Versuchen durchlief, so betrug die Secundengeschwindigkeit 12,82 Meter. Der gegenseitige Abstand zweier Molecüle, die sich in gleichen Phasen zu denselben Zeiten befinden, mithin die Entfernungen bn, qu, Fig. 88, bestimmen die Grösse der Wellenlänge. Theilt man die auf eine bestimmte Zeiteinheit bezogene Fortpflanzungsgeschwindigkeit durch die Wellenlänge, so erhält man die Zahl der Schwingungen oder der Wellen, welche in jener Zeiteinheit erzeugt werden. Die letztere getheilt durch die Menge der Wellen giebt die Schwingungsdauer jeder einzelnen.

§. 484. Alle diese in der mechanischen Physik geläufigen Begriffe lassen sich auch auf die Wellen elastischer, mit tropfbaren Flüssigkeiten

gefüllter Röhren übertragen. Man darf nur nicht übersehen, dass jede einzelne Welle, *lkm*, Fig. 89, einer unbegrenzten Wassermasse, eines schwingenden elastischen wägbaren Stoffes oder des Lichtäthers aus einer positiven Berg- und einer negativen Thalwelle besteht. Die Anspannungswellen des elastischen Rohres entsprechen daher nur der positiven Wellenhälfte *lk*, die Entleerungswellen desselben der negativen *km*.

Fig. 89.



Abnahme der Wellenamplitude.

§. 485. Wir haben die Welle *bln*, Fig. 88, vollkommen congruent fortschreiten lassen. Dieser Fall kommt in der Wirklichkeit nicht vor, weil sich hier immer Nebenbedingungen, welche die Wellengrösse ändern, hinzugesellen.

Die Adhäsions- und Reibungswiderstände, auf welche die fortbewegte Flüssigkeit stösst, verzehren eine gewisse Grösse von Druckkraft. Die nachfolgenden Röhrenelemente werden daher immer weniger gespannt. Die Amplitude der Wellen muss allmälig abnehmen. Ist sie unendlich klein geworden, so sagt man, dass die Welle durch die Adhäsions- und die Reibungswiderstände geschwunden ist.

Wenn sich die elastische Röhre in ihrem Verlaufe erweitert, so vertheilt sich die zugeführte Flüssigkeitsmasse in grössere Querschnitte. Die Wellenamplitude wird daher auch in diesem Falle sinken. Das Umgekehrte findet bei einer Verengerung des Rohres statt. Da aber dann die Röhrenwiderstände wachsen (§. 468), so wird die Amplitude weniger, als in Röhren, die man sich in der Theorie widerstandslos denkt, vergrössert werden.

Die Krümmungen und die Theilungen reflectiren die Wellenabschnitte, welche die Wandungen bei ihrem Fortschreiten treffen. Ein Wellenzug läuft daher in entgegengesetzter Richtung zurück und interferirt mit nachkommenden vorwärts schreitenden Wellen. Das Zusammentreffen gleicher oder ungleicher, in entgegengesetzten Richtungen thätiger Phasen vernichtet dann die nachkommenden Wellentheile gänzlich oder zu einem grossen Theil. Anspannungs- und Entleerungswellen, die einander begegnen, werden ähnliche Folgen nach sich ziehen.

Das Blut, das von dem Anfange des Schlagadersystemes nach den Capillaren läuft, muss eine nicht unbedeutende Menge von Röhrenwiderständen auf diesem Wege überwinden. Das Flussbett nimmt nach den Haargefässen hin beträchtlich zu. Die Bahnen enthalten eine Menge von Biegungen und Theilungen. Es darf daher nicht befremden, wenn die Wellen, welche die Herzsystole an dem Anfange des Schlagadersystemes erzeugt hat, vor dem Beginne des Capillargefässsystemes geschwunden sind. Da aber ein Wechsel der Elasticitätsgrösse die Wellenamplitude ändert (§. 477), so können in dieser Hinsicht Verschiedenheiten in den mannigfachen Schlagaderbezirken oder in dem gleichen Arteriengebiete unter einer Schwankung der Nebenverhältnisse auftreten.

§. 486. Wenn schon diese Erscheinungen die Betrachtung der Wellenbewegung in den elastischen Gefässröhren unseres Körpers bedeutend erschweren, so gesellt sich noch ein überall wiederkehrender Umstand, der die Sache noch mehr verwickelt, hinzu. Wir setzten immer voraus, dass sich die Wände und die Inhaltsflüssigkeit des elastischen Rohres Fig. 88 in der Gleichgewichtsruhe vor dem Beginne der Wellenbewegung befunden haben.

Dieses ist z. B. in unseren Schlagadern nicht der Fall. Die Arterien stehen noch unter dem Einflusse einer grösseren Spannung und Füllung im Augenblicke der Kammerdiastole. Der Druckunterschied führt daher fortwährend zu einer centrifugalen, mit einer Querschnittsabnahme verbundenen Strömung, die noch lange fortdauern würde, wenn auch die Zusammenziehung des Ventrikels nicht eingriffe (§. 471). Die Wellen, welche die letztere erzeugt, wirken daher auf eine strömende Flüssigkeit. Man hat hier Verhältnisse, wie bei einem schwingenden Pendel, dessen Aufhängepunkt fortrückt, wie bei Wasserwellen, die in einem fliessenden Bache, oder Schallwellen, die während des Windes erregt werden. Die Richtungen der Strömung und des Hauptwellenzuges fallen in den Arterien zusammen. Wir werden aber auch später Fälle kennen lernen, in denen beide einander entgegengesetzt sind und sich daher wechselseitig beeinträchtigen.

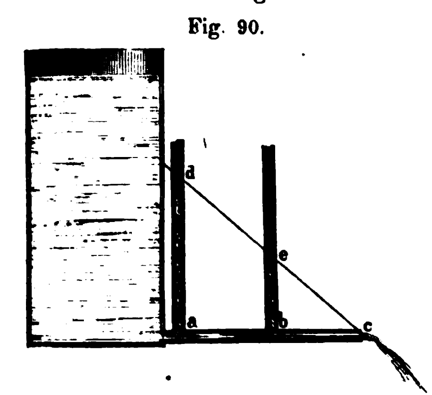
Zwei andere Nebenerscheinungen können endlich noch in unserem Körper verändernd eingreifen. Die vorliegenden Widerstände, die den Seitendruck erhöhen, wechseln hin und wieder in kurzen Zeiträumen. Manche der elastischen Röhren werden auch temporär von aussen her belastet. Dieser Druck beschränkt aber die Querschnittsvergrösserung der vorübergehenden positiven Welle und die Reactionswirkung derselben.

Hydraulischer Seitendruck.

§. 487. Schlagadern. — Eine der Hauptaufgaben der physiologischen Hydraulik besteht in der Bestimmung der Drucke, welche in den einzelnen Bezirken des Schlagader- und des Gefässsystemes überhaupt thätig sind. Wir müssen zu diesem Zwecke die Eigenthümlichkeiten des hydraulischen Seitendruckes näher kennen lernen.

Liefert ein Flüssigkeitsbehälter die Druckhöhe H, welche die tropfbare Flüssigkeit durch das Rohr ac treibt, so strömt diese mit einer geringeren Geschwindigkeitshöhe, h, zu c heraus, weil die Widerstände eine gewisse Menge von Druckhöhe, die Widerstandshöhe w, auf dem Zwischenwege verzehrt haben (§. 459). Die Röhrenwände müssen einen von dieser Widerstandshöhe abhängigen hydraulischen Seitendruck aushalten. Man bestimmt ihn durch Piezometer oder Druckmesser, d. h. senkrecht in die Seitenwandung eingefügte Röhren, in denen man die Flüssigkeit während des Strömens emporsteigen lässt. Sie wird sich erheben, bis ihr Druck dem auf der entsprechenden Wandstelle wirkenden Seitendrucke gleich geworden.

Fig. 90.



§. 488. Denken wir uns die Ausflussöffnung c geschlossen, so sind die sämmtlichen Wandbezirke des Rohres abc ohne Unterschied dem gleichen hydrostatischen Drucke H ausgesetzt. Die Adhäsion, die Reibung, die etwa vorhandenen Krümmungen oder Theilungen entwickeln in der Ruhe keine Widerstände. Die von dem Behälter gelieferte Druckhöhe H verliert daher nichts von ihrem Werthe (§. 459) und alle Theile der Röhrenwand verhalten sich vollkommen gleichartig.

§. 489. Wenn dagegen die Flüssigkeit, sowie *c* frei gegeben worden, unter dem Einflusse der von dem Behälter gelieferten Druckhöhe *H* bewegt wird, dann treten die Widerstände der Adhäsion, der Reibung, der Krümmungen und der Theilungen in Wirksamkeit. Der bei *c* hervorkommende Strahl kann selbst noch auf Widerstände, wie z. B. auf den der Luft, stossen. Da sich der Verlust an Druckhöhe, welchen dieser letztere Umstand erzeugt, auf eine gewisse Widerstandshöhe zurückführen lässt, so kann man immer noch den Ausfluss bei *c* als widerstandslos ansehen und sich dafür die Röhre *ac* um eine entsprechende Grösse verlängert denken.

Böte *abc* gar keine Widerstände der Adhäsion und der Reibung dar, so würde die Geschwindigkeitshöhe *h*, mit der die Flüssigkeit in *c* hervorgeht, der ursprünglichen Druckhöhe *H* gleichen. Da die Gesammtgrösse der letzteren für die erzeugte Schnelligkeit verbraucht wird, so hätte kein Theil der Wände einen Druck auszuhalten. Nehmen wir dagegen an, dass jedes Querschnittselement der Wandung eine gewisse Druckgrösse fordert, um die an ihr haftenden Flüssigkeitstheilchen zu verschieben und über ihre Unebenheiten fortzuführen, so verliert die Druckhöhe an dem ersten Elemente die Grösse *r*, an dem zweiten wieder *r* u. s. f., wenn wir die gleiche Beschaffenheit der gesammten Innenfläche des Rohres voraussetzen. Die Summe dieser Verluste, die von der Einmündungsstelle, jenseits *a*, bis zu der Ausflussöffnung *c* fortwährend wächst, giebt die Widerstandshöhe *w*, so dass nur die Grösse $H - w = h$ als Geschwindigkeitshöhe übrig bleibt.

Die Kraft, welche die Flüssigkeitstheilchen von der Röhrenwand losreisst und über die Rauhigkeiten derselben fortführt, pflanzt sich durch diese Flüssigkeitstheilchen auf die Röhrenwand ungeschwächt fort (§. 455). Sie liefert also den hydraulischen Seitendruck, den wir in den Piezometern messen. Die Steighöhe der Flüssigkeitssäule des Druckmessers entspricht der Grösse derselben, welche in der Einfügungsstelle stattfindet.

Soll die Flüssigkeitssäule *ac* mit der Geschwindigkeit *h* verschoben werden, so ist eine grössere Summe von Widerständen zu überwinden, als wenn nur die Säule *bc* in Betracht kommt. Der hydraulische Seitendruck ist in *a* in gleichem Maasse höher, als die Röhrenabtheilung *ab* Widerstandshöhe erzeugt. Der Höhenunterschied der Piezometersäulen *ad* und *be* misst also die Widerstände, die auf der Wegstrecke *ab* liegen. *be* giebt die Summe der Widerstände, die sich zwischen der geprüften Stelle *b* und dem Ende aller Widerstände, *c* und *ad* diejenigen, die sich zwischen *a* und *c* befinden.

Der Unterschied der hydraulischen Seitendrucke zweier der Länge nach entfernter Stellen einer Röhre liefert hiernach ein Maass der Widerstandshöhe, die auf dem Zwischenwege verbraucht worden. Jeder Seitendruck giebt aber die Summe der vorliegenden Widerstandshöhen, die zwischen dem Prüfungsorte und der widerstandslos gedachten Ausflussöffnung der Röhre eingreifen.

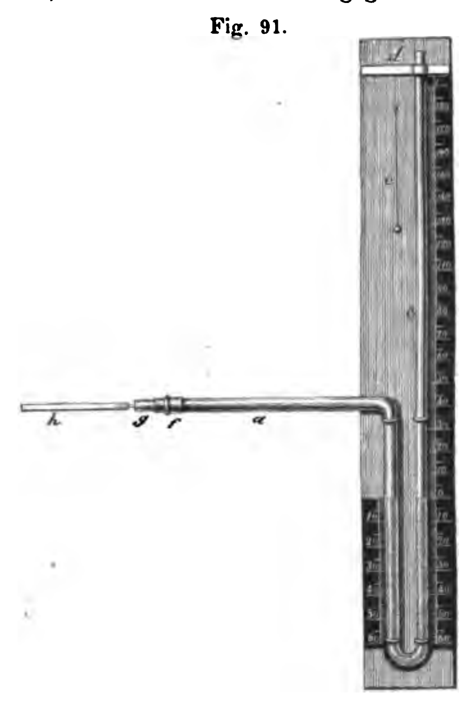
§. 490. Die Gerinnung der aufsteigenden Blutsäule gefährdet jeden Versuch, den Seitendruck des Blutes mittelst einer senkrecht eingefügten Röhre zu bestimmen. Diese müsste auch, wie wir sehen werden, mehr als 2 Meter lang sein, damit man sie an den grösseren Schlagadern mit Erfolg gebrauchen könnte. Da sich die hydrostatischen Druckhöhen umgekehrt, wie die Eigenschweren der Flüssigkeiten verhalten (§. 455), und das specif. Gewicht des Blutes 1,06, das des Quecksilbers dagegen 13,598 beträgt,

so kann man die wirksame Röhre mehr als 12,8mal verkürzen, wenn man das Blut auf Quecksilber statt auf Wasser drücken lässt.

Blutkraftmesser.

§. 491. Man bedient sich zu diesem Zwecke eines eigenen Manometers, des von **Poiseuille** angegebenen **Blutkraftmessers** oder **Hämadynamometers**, dessen gewöhnliche Form Fig. 91 darstellt. Man biegt eine möglichst gleichförmig cylindrische Glasröhre zweimal, so dass sie einen wagerechten Schenkel *a*, einen kürzeren absteigenden *b* und einen längeren aufsteigenden *c* bekommt. Da die untere Umbiegungsstelle leicht bricht, so verfährt man zweckmässiger, wenn man zwei Röhren in ein passend durchbohrtes Eisenstück, wie es Fig. 99 S. 150 zeigt, senkrecht einfügt. Man kann auch statt dessen eine kleinere gebogene Röhre mit Hülfe von Korken quecksilberdicht befestigen.

Fig. 91.

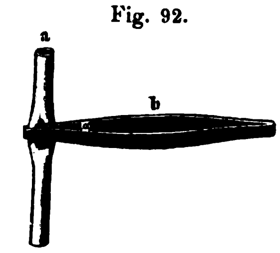


§. 492. Hat man so viel Quecksilber eingegossen, dass die Gleichgewichtsspiegel bei 0° in *b* und *c*, Fig. 91, stehen, so füllt man den übrigen Theil von *b* und alle vorliegende Stücke, die das Manometer mit dem Blutgefässe verbinden (Fig. 99 *r s t u*), mit einer Auflösung von unterkohlensaurem Natron. Da dieses die Blutgerinnung verzögert, so wird hierdurch die Möglichkeit einer längeren Versuchsreihe begünstigt. Die Säule der Natronlösung drückt auf das Quecksilber. Es geht in *b* hinab und in *c* hinauf. Man muss daher erst die Stellung des Quecksilberspiegels, welche nach der Einwirkung der Natronlösung unter der Voraussetzung des hydrostatischen Gleichgewichtes bemerkt wird, als Ausgangspunkt betrachten.

Verbindung mit dem Blutgefässe.

§. 493. Man legt die zu prüfende Schlagader in einer grösseren Strecke bloss und drückt sie mit der Fig. 92 abgebildeten Klemmpincette *b*, die durch ihre Federkraft von selbst schliesst, zwischen der beabsichtigten Verletzungsstelle und dem Ursprunge der Arterie zusammen. Das Gleiche kann an der entgegengesetzten Seite wiederholt werden. Schlagadern, wie die Carotis, deren peripherische Theile mit anderen grossen Arterien anastomosiren, fordern eine doppelte Compression in jedem Falle. Man bringt dann das Ansatzstück des Manometers durch eine Lücke

Fig. 92.

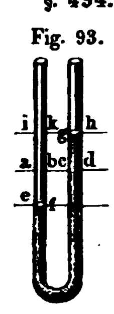


der Arterienwand auf die später zu beschreibende Weise ein, entfernt die Klemmpincetten und lässt das Blut unmittelbar auf die Natronlösung und mittelbar auf das Quecksilber wirken. Der positive Druck des Blutes treibt dieses in *b*, Fig. 91, hinab, während es in *c* in die Höhe steigt.

Bedeutung der Erhebungen des Quecksilbers.

§. 494. Fig. 93 wird die Bedeutung dieser Veränderung der Quecksilbersäule klar machen. Die beiden Schenkel besitzen überall gleiche Querschnitte und das Quecksilber steht ursprünglich im hydrostatischen Gleichgewicht, so dass die Spiegel *ab* und *cd*, abgesehen von ihrer convexen Form, in derselben Ebene liegen oder diese die beiden Quecksilberkuppen tangirt. Drückt später das Blut *ab* bis *ef* hinunter, während *cd* zu *gh* emporsteigt, so würde eine Säule, die bis *ik* reichte, *gh* das Gleichgewicht halten. Nun ergiebt sich aus den Vorbedingungen, dass *abfe* der Säule *ghcd* gleicht. Da aber $ab = cd$ und die zwischen den Parallelen *ad* und *ih* liegenden Senkrechten *bk* und *dh* ebe falls gleich sind, so folgt, dass $abki = cdhg$. Man hat also $efki = 2 \times abfe = 2 \times cdhg$, d. h. man muss die Senkung in dem absteigenden oder die Erhöhung in dem aufsteigenden Schenkel verdoppeln, um die wahre Druckhöhe zu erhalten.

Fig. 93.



§. 495. Hätte der Manometerschenkel *c* einen kleineren oder einen grösseren Querschnitt als *b*, so würde auch die Steigung in ihm grösser oder kleiner ausfallen. Die gegenseitigen Querschnittsbeziehungen von *b* und *c*, wenn beide vollkommen cylindrisch sind, lassen die wahre Bedeutung der Erhebung des Quecksilbers in *c* bestimmen.

Pendelschwankungen des Quecksilbers.

§. 496. So einfach dieses Versuchsverfahren erscheint, so schliesst es doch mehrere Fehlerquellen in sich. Wenn sich das durch den stärkeren Druck vorgetriebene Blut mit der Natronlösung mischt, so ändert sich auch die Eigenschwere der Flüssigkeit, die das Quecksilber belastet. Der frühere Ausgangspunkt (§. 491) passt daher nicht mehr auf die gegenwärtigen Verhältnisse. Der Unterschied ist jedoch in der Regel so unbedeutend, dass er ohne Irrung vernachlässigt werden kann. Man kann auch zur Noth die wahre Druckgrösse unmittelbar nach Beendigung des Versuches bestimmen oder eine Natronlösung von der Eigenschwere des Blutes von vornherein anwenden. Sinkt die Spannung im Verlaufe des Experimentes, so geht ein Theil der aus Blut und Natronlösung bestehenden Mischung in das Gefäss zurück. Er kann bei seitlicher Einfügung des Manometers (§. 497) dem allgemeinen Kreislaufe verfallen und die Herzbewegungen stören. Man bemerkt dieses jedoch höchstens in Ausnahmsfällen in Katzen, nicht aber in Hunden oder Pferden.

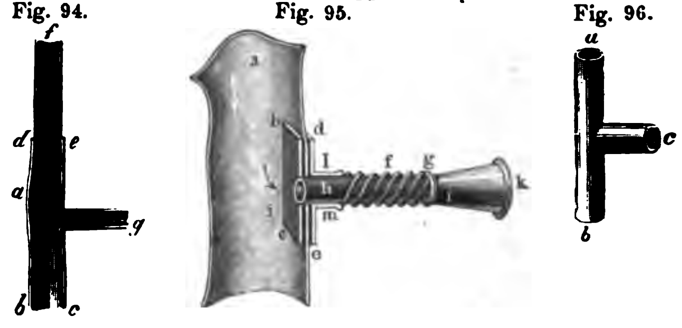
Die Pendelschwankungen des Quecksilbers sind von grösserer Bedeutung. Gesetzt, der Druck, welcher das Quecksilber in dem kürzeren Manometerschenkel (*b*, Fig. 91) hinab- und in dem längeren (*c*) hinaufgetrieben, lasse plötzlich um eine nicht unbedeutende Grösse nach, so wird das Quecksilber nicht augenblicklich zur Ruhe kommen, sondern pendelartig auf- und niedergehen. Greift während dieser Zeit ein neuer Druck ein, so interferirt seine Wirkung mit jener der bewegten Quecksilbersäule. Das Manometer wird einen zu kleinen oder einen zu grossen Druckwerth angeben,

je nachdem eine Steigung oder eine Senkung des Quecksilbers im kürzeren Manometerschenkel mit der Druckerhöhung im Blutgefässe zusammenfällt. Ein anhaltender oder continuirlich wachsender Blutdruck kann auch eine Reihe von Schwankungen vermöge jener Pendelschwingungen darbieten. Wir werden sehen, dass dieser Umstand wesentlich irrige Deutungen veranlasst hat.

Endständige und seitliche Einfügung.

§. 497. Man kann die Canüle, die zu dem Kraftmesser führt, in zweierlei Art in dem Blutgefässe befestigen. *b d e c*, Fig. 94, sei z. B. die Carotis. Liegt das Herz nach *b c* hin, so fügt man das Einsatzstück *f* in das central gelegene Lumen *d e* der quer durchschnittenen Schlagader oder endständig ein. Man kann es aber auch, wie *g*, durch einen Spalt der Seitenwand *c e* seitlich oder wandständig anbringen. Während jedes gewöhnliche Rohr als endständiger Einsatz zu dienen vermag, hat man zweierlei Arten von Canülen, um die seitliche Einfügung möglich zu machen. Fig. 95 zeigt uns den einen Apparat. Man schiebt die unbeweg-

Fig. 94. Fig. 95. Fig. 96.

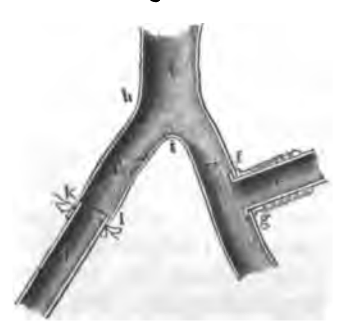


liche Platte *b c* der Canüle *k l m* durch einen Spalt der Gefässwand. Die Feder *f g* drückt die bewegliche Platte *d e* an die Aussenwand des Gefässes. Fig. 96 stellt die von Volkmann angegebene Canülenform dar. Man bindet das Röhrenstück *a b* in die Schlagader, während das Seitenrohr *c* zur Vereinigung mit dem Manometer dient. Die Störungen, die der Ersatz der elastischen Röhrenwand durch das starre Rohr *a b* verursacht, pflegen unmerklich auszufallen.

Druck bei endständigem u. bei seitlichem Einsatze.

§. 498. Diese beiden Einfügungsarten führen zu Druckwerthen von verschiedener Bedeutung. Denken wir uns, *A*, Fig. 97, sei ein Schlagaderstamm, der sich in die Aeste *B* und *C* spaltet. Man hätte die eine Canüle *d* in *B* endständig und die andere *e* in *C* wandständig befestigt. *d* hemmt den Blutlauf. Man erhält daher den vollen Druck, der bei *k l* wirkt. Dieser gleicht aber dem Seitendrucke in *h i*, wenn man von den auf dem Zwischenwege möglichen Aenderungen absieht, d. h. die endständige Einfügung giebt die gesammte Druckgrösse an der Einsatzstelle oder den Seitendruck an der nächsten Verbindungsstelle mit dem nicht unterbrochenen Theile


Fig. 97.



der Strömung unter der oben erwähnten Einschränkung an. Die seitlich eingesetzte Canüle dagegen stört den Blutlauf in *C* nicht. Sie liefert daher den reinen Seitendruck, d. h. diejenige Druckhöhe, welche nöthig ist, um die hier befindlichen Flüssigkeitselemente zu verschieben und daher die Gesammtsumme der nachfolgenden Widerstände zu überwinden (§. 489).

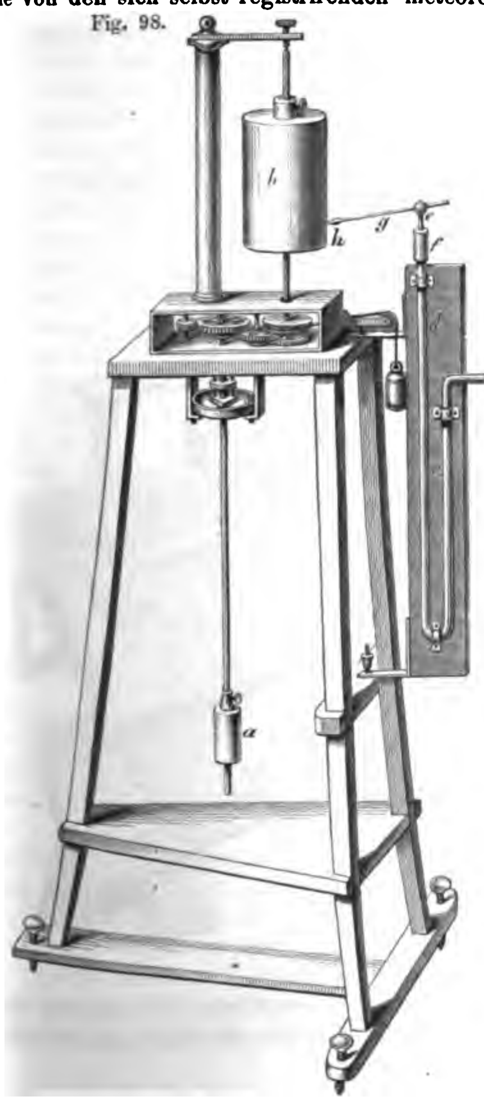
Erhöhung des Druckes durch Abschluss einer Hauptbahn.

§. 499. Die endständige Einfügung kann noch eine eigenthümliche Störung herbeiführen. Wenn sie den Blutlauf in einem grösseren Schlagaderbezirke unterbricht und keine starken Seitenanastomosen vorhanden sind, so wird sich die Spannung in dem übrigen Theile des Arteriensystemes verhältnissmässig mehr vergrössern, so wie die systolische Herzkammer die gleiche Flüssigkeitsmenge, wie früher, ausgiesst.

Kymographion.

§. 500. Man kann das Spiel der Quecksilbersäule in ähnlicher Weise, wie von den sich selbst registrirenden meteorologischen Instrumenten, aufzeichnen lassen. Das von Ludwig erfundene Kymographion, das Fig. 98 in seiner gewöhnlich gebrauchten Form nach Volkmann zeigt, leistet diese Dienste für hydraulisch-physiologische Untersuchungen. Ein Uhrwerk, als dessen Regulator ein conisches Pendel, *a*, Fig. 98, dient, dreht den Cylinder *b*, auf dem ein Papierbogen gespannt ist, um seine Längsachse mit einer bekannten Geschwindigkeit herum. Das Manometer *cd* ist durch *i* mit dem Blutgefässe verbunden. Die Quecksilbersäule des längeren Schenkels trägt einen Schwimmer, von dem ein prismatischer Leitungsstab ausgeht. Dieser kann innerhalb der Oeffnung einer Kapsel *f*, die den längeren Manometerschenkel deckt, auf- und niedergehen. Sein oberer Knopf *e* enthält einen Stab *g*, an dessen Ende ein das Papier berührender, mit Tinte befeuchteter Pinsel befestigt ist. Bleibt er in Ruhe, so schreibt er eine wagerechte Abscis-

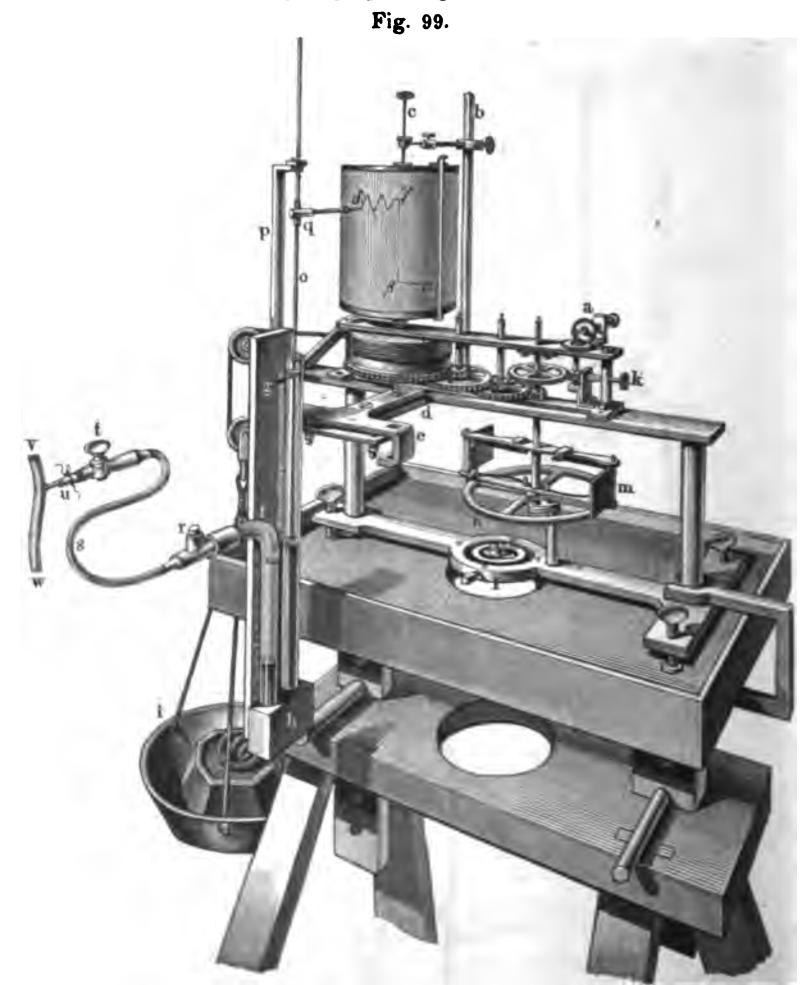
Fig. 98.



senlinie während der Umdrehung des Cylinders auf. Wird hingegen die Quecksilbersäule des längeren Manometerschenkels auf- und niedergetrieben, so zeichnet auch der Pinsel die Schwankungen nach. Da er sich leicht biegt und breite verzerrte Linien liefert, so kann man auch den Papierbogen mit einer Russschicht bekleiden und die Linien durch ein Haar oder eine feine Borste einkratzen lassen. Die Zeichnung wird entweder später abgedruckt oder mit Copalfirniss fixirt.

§. 501. Ich versuchte es, ein Uhrwerk verfertigen zu lassen, das nicht bloss als Kymographion eingerichtet werden kann, sondern auch zu vielen anderen Versuchen zu dienen vermag. Fig. 99 zeigt das Ganze in der Form, in welcher es als Kymographion gebraucht wird.

Fig. 99.



Man kann Cylinder, Scheiben und andere Körper auf jede der fünf senkrechten Achsen des Uhrwerkes befestigen. Da sich diese um ihre senk-

rechte Achse drehen, so lässt sich noch der bei *a* befindliche Apparat, wenn man eine Drehung um eine wagerechte Achse nöthig hat, anfügen. Ein Stirnrad greift hierbei in ein Kronrad. Der Stab *b*, welcher die nach allen Richtungen einstellbare Führung *c* trägt, und der Tisch *d*, der die Manometer *fgh* aufnimmt, können beliebig oder auch der zweiten Längsachse entsprechend angefügt werden. Da die Belastung der Wagschale *i*, die das Uhrwerk treibt, zwischen $^1/_4$ und 40 Kilogr. zu schwanken vermag und jede der Achsen benutzt werden kann, so stehen die verschiedensten Geschwindigkeiten zu Gebote. Zieht man den Hemmschieber *k* zurück, so ist der Gang des Uhrwerkes frei gegeben.

Die bei *l* gezeichnete Vorrichtung dient, um ein conisches Pendel, das in Spitzen läuft, einzusetzen, nachdem die übrigen abgebildeten Regulationsapparate entfernt worden. Man wird sich aber bald überzeugen, dass man hier merklich ungleichförmige Geschwindigkeiten, wie es auch schon die Theorie ergiebt, bekommt. Ein conisches Pendel, das auf Schneiden geht, liefert noch grössere Störungen. Man kann daher *l* füglicher Weise hinweglassen.

Eine andere Regulationsvorrichtung besteht aus einem federnden Windfange *m* und einem Schwungrade *n*. Jenes enthält zwei Windfahnen, welche durch zwei obere stärkere oder zwei untere schwächere Federn je nach der Grösse des Regulationsbedürfnisses rechtwinkelig eingestellt werden. Sie öffnen sich nach Maassgabe der Geschwindigkeit, vergrössern demgemäss den Widerstand und verhindern die Beschleunigung des Ganges des Uhrwerkes. Das Schwungrad verhütet die Ungleichheiten der Bewegung, die von den Differenzen der in einander greifenden Zähne des Räderwerkes herrühren. Dieser Regulationsapparat, der besser als das conische Pendel wirkt, führt dessenungeachtet zu keiner vollkommen gleichförmigen Umdrehung. Eine schwingende Feder, deren Länge und Schwingungszahlen der Zahl der Zähne des entsprechenden Rades gleichen, wie sie Hipp in seinen Chronoskopen und Chronographen angebracht hat, würde wahrscheinlich diese Aufgabe genauer lösen.

Der Tisch *d*, der zwei Doppelöffnungen *e* für die Aufnahme der Einsatzhaken von zwei Manometern besitzt, kann wie ein Messtisch mit drei Schrauben eingestellt werden. Ein am Manometer angebrachtes Senkel belehrt über die senkrechte Lage des Blutkraftmessers.

Der Stab *o*, den der Schwimmer trägt, ist oben sechsfurchig und spielt in einer entsprechend gestalteten Oeffnung eines am Manometer angebrachten Gestelles *p*, um die seitlichen Drehungen und Schwankungen zu verhüten. Der Pinselträger *q* kann nach Bedürfniss auf- und niedergeschoben und um die Längsachse von *o* gewendet werden.

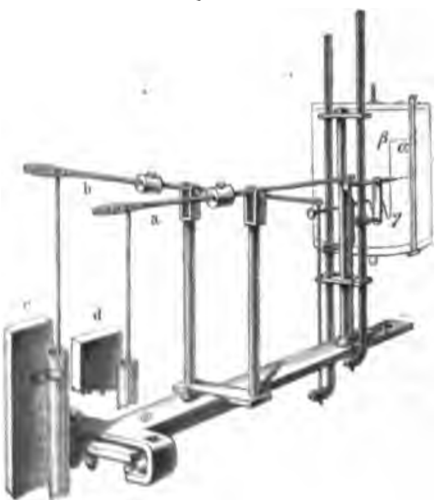
r ist die mit einem Zapfen geschlossene Mündung des Ansatzstückes, durch die man die Natronlösung einfüllt, *s* eine biegsame dicke Kautschuk- oder eine dünne Zinnröhre, *t* ein mit einem Hahne versehenes Endstück, an das die eingeschliffene Canüle *u* geschoben und befestigt wird, *vw* endlich die Schlagader, in welche die letzteren seitlich eingefügt werden.

Ist die Gleichgewichtslage hergestellt worden, so wird der Pinsel die Abscissenlinie $\alpha\beta$ aufzeichnen, so wie man das Uhrwerk in Gang setzt und der Hahn *t* geschlossen bleibt. Hält man die Bewegung des Uhrwerkes

durch Berührung des Schwungrades *s* an und öffnet *t*, so treibt der Druck des Blutes die Quecksilbersäule in dem aufsteigenden Manometerschenkel (*c*, Fig. 91) empor. Man bekommt daher die Linie $\beta\gamma$ als den Ausdruck des Blutdruckes. Da dieser mit der Systole und der Diastole der Kammer schwankt, so wird *o* zuletzt auf- und niedergehen. Ist die Schwankung eingetreten, so lässt man das Uhrwerk von Neuem frei. Man erhält dann die Curvenzeichnung $\gamma\delta$.

§. 502. Ein Fig. 100 abgebildetes Parallelogramm, das zwischen dem Pinselträger und dem Stabe des Schwimmers eingeschaltet ist, gewährt den Vortheil, dass die aufgezeichneten Linien sehr scharf und gleichsam kalligraphisch ausfallen. Die vielen Reibungen verzehren aber leicht eine bedeutende Grösse der Druckkraft, so dass feinere Unterschiede nicht aufgezeichnet werden. Hat man das Ganze mittelst der Laufgewichte wagerecht, wie *a* zeigt, eingestellt, so wird man zuerst wieder die Abscissenlinie $\alpha\beta$ angeben lassen. Wenn aber nachher das Quecksilber des aufsteigenden Schenkels des Manometers bei dem Stillstande des Uhrwerkes durch den Blutdruck steigt, so geht hier die Drucklinie $\beta\gamma$ nach abwarts. Eben so wird auch die spätere Curve, wie man an der Einrichtung des ganzen Apparates sieht, entgegengesetzt aufgezeichnet, so dass ihre Senkungen den Hebungen der Quecksilbersäule des aufsteigenden Schenkels und umgekehrt entsprechen.





§. 503. Wir wollen annehmen, der Cylinder hätte sich mit vollkommen gleichförmiger Winkelgeschwindigkeit gedreht, als die Curve *cd* Fig. 101. aufgeschrieben worden. Die Verlängerung von *ab* giebt dann eine Abscisse, in welcher gleiche Abschnitte gleichen Zeittheilen entsprechen. Die Maxima der Erhebungen *f, h, n, l* oder die Höhenstände zeigen die grössten, durch die Systole der linken Kammer bewirkten Drucke, u. die Minima *k, l, m, o*

Fig. 101.



oder die **Tiefenstände** die kleinsten Werthe, zu denen die Druckgrössen am Ende der Diastole herabgesunken waren, an. Die von *f* auf *ae* gezogene Senkrechte *fg* liefert die Ordinate des Höhen- und eben so *li* die des nächsten Tiefenstandes, während *fk* die Unterschiede beider und $kl = gi$ die Zeit, die zwischen dem Ende der Systole- und dem der Diastolewirkung verflossen war, bestimmt.

§. 504. Man sieht leicht, dass die Form der Curven, nicht aber die Ordinatenlängen der Maxima der Erhebungen und der Senkungen von der Umdrehungsgeschwindigkeit abhängen. Da *gi* und *kl* mit dieser letzteren wachsen, während *gf* und *il* die gleichen bleiben, so wird *fl* um so steiler abfallen, je langsamer sich der Cylinder um seine Längenachse bewegt. Sie dehnt sich um so mehr der Breite nach aus, je schneller er umläuft.

Form der Curven.

§. 505. Die Curvenlinie *cd* giebt im Allgemeinen die Schwankungen des Quecksilbers, wenn Alles gelungen ist, getreu wieder. Man kann aber dessenungeachtet die Zeichnung nur als einen annähernden Ausdruck des vorhanden gewesenen Blutdruckes im günstigsten Falle ansehen. Reibungen, die zwischen der Kuppe des Quecksilberspiegels und der Spitze des aufzeichnenden Pinsels liegen, müssen schon einzelne Störungen herbeiführen. Dreht sich der Schwimmer während der Bewegung des Quecksilbers um die Längenachse seines Stabes (*o*, Fig. 99), dringt etwas Quecksilber zwischen seinem Rande und der Manometerröhre hinauf, biegen sich die Haare des Pinsels oder die statt seiner gebrauchte dünne Borste, so werden sich um so bedeutendere Unrichtigkeiten einschleichen. Können endlich noch die §. 496 erwähnten Pendelschwankungen eingreifen, so müssen neue Unrichtigkeiten hinzukommen. Diese Bewegungen des Quecksilbers zeichnen sogar bisweilen scheinbar dicrotische Pulsschläge, *no*, Fig. 101, die in der Wirklichkeit nicht vorhanden waren, auf. Messungen der Drucke bis auf Bruchtheile von Millimetern gehören daher in der Regel zu den subjectiven Täuschungen.

§. 506. Die Bestimmungen der Zeitwerthe nach den Abscissenstücken *ae*, Fig. 101, bieten ebenfalls bedeutende Schwierigkeiten dar, weil eine völlige Gleichförmigkeit des Umganges des Cylinders mit keinem der bis jetzt gebrauchten Apparate hergestellt wird. Hat man *bc* während des Stillstandes des Uhrwerkes aufzeichnen und dieses dann gehen lassen, so werden die ersten auf *c* folgenden Curvenstücke längere Abschnitte der Abscisse für die gleichen Zeiten darbieten, weil die Geschwindigkeit der Bewegung bis zu dem Augenblicke, wo sie gleichförmiger wird, zunimmt.

§. 507. Da die beiden zu einem Herzschlage gehörenden Druckordinaten *fg* und *li* in den verschiedenen, auf einander folgenden Herzschlägen ungleich ausfallen, so sucht man einen sogenannten **Mitteldruck** aus einem grösseren Curvenstücke zu gewinnen, um ihn mit dem Mitteldrucke eines anderen vergleichen zu können. Man bediente sich hierzu früher der wiederholten Messungen der Ordinaten der Höhen- und der Tiefenstände, deren Durchschnittswerth als jene Mittelgrösse angenommen wurde. Da dieses Verfahren zu viele Fehlerquellen möglich macht, so hat man in neuerer Zeit zwei andere Methoden in Anwendung gezogen.

Mitteldruck.

§. 508. Volkmann nahm ein möglichst gleichförmiges Papier, von dem gleiche Flächen nahebei dieselben Gewichte lieferten. Entspricht *ab*, Fig. 102, der Zeitabscisse, während *cd* die Curve darstellt, so schneidet man ein Rechteck *abfe* aus und bestimmt das Gewicht desselben. Nun wägt man das Stück *acdb* allein. Da die Basis *ab* in beiden Fällen die gleiche, und die Dicke des gleichartigen Papiers überall dieselbe ist, so wird sich das erste Gewicht zum zweiten wie die Höhe *bf* zum gesuchten Mitteldrucke verhalten.

Fig. 102.



§. 509. Goll gebrauchte das von Oppikofer erfundene und von Wetli verbesserte Planimeter, eine von den Ingenieuren benutzte, auf den Eigenschaften der Kegelschnitte beruhende Vorrichtung, mittelst deren man den Flächeninhalt von *acdb* durch das Nachzeichnen der Begrenzungen erhält. Der in gegebenen Quadrateinheiten ausgedrückte Flächenraum liefert den Mitteldruck, wenn man ihn durch die in den entsprechenden Einheiten bezeichnete Länge von *ab* dividirt. Beide Methoden führen so ziemlich zu den gleichen Werthen.

Relative Druckerhöhung durch die Systole.

§. 510. Die Ordinaten der Tiefenstände *li* sind immer weit länger, als die der Unterschiede der Maxima und der Minima der Erhebungen *kf*. Fig. 103 zeigt die beiderseitigen Verhältnisse, wie sie sich in der Carotis der grösseren Säugethiere unter den für *fk* günstigsten Verhältnissen darzustellen pflegen. *gf* beträgt z. B. 75 und *kf* nur 5 Mm. oder noch weniger, so lange keine tieferen Athembewegungen Veränderungen in dem Gange der Curve einleiten. Halten wir uns an das letztere Beispiel, so wird der Seitendruck bei der wandständigen Einfügung um 10 Mm. Quecksilber durch die Systole der linken Kammer erhöht, während ein solcher von 150 Mm. am Ende der Diastole vorhanden ist. Man sieht hieraus, dass eine neue Kammerzusammenziehung die Spannung lange vorher vergrössert, ehe sie sich in der Diastolezeit durch den Abfluss nach den Capillaren und den Venen hin ausgeglichen hat, dass also ein bleibender Drucküberschuss in den Arterien fortwährend unterhalten wird. Wir werden in der Nervenlehre finden, dass der durch die Galvanisation bewirkte Stillstand des Herzens, selbst wenn er verhältnissmässig lange dauert, noch eine relativ bedeutende Ueberschussgrösse zu Gunsten der Arterien zurücklässt.

Fig. 103.

§. 511. Die Abnahme der Spannung wird von dem Werthe des letzten systolischen Druckmaximums, der Zeitdauer der Diastole und den inzwischen eingreifenden Widerstandsmomenten bestimmt werden. Bleiben die übrigen Verhältnisse unverändert, so muss auch die Grösse *fk*, Fig. 103, mit

der Länge *kl* gleichartig variiren. Da aber die einzelnen, auf einander folgenden Höhenstände häufig wechseln und viele nicht anzugebende, neu eintretende Bedingungen den Gang der allmäligen Ausgleichung der Spannungsunterschiede bestimmen können, so lässt sich die wahre Bedeutung der Schwankungen der meisten Curvenlinien nicht sicher angeben.

Unsicherheit des Mitteldruckes.

§. 512. Der Werth des Mitteldruckes, den man natürlich nur bei der Incongruenz der zu gleichen Zeiten gehörenden Curvenabschnitte aufsucht, trägt immer das Gepräge der Willkür an sich. Er begünstigt daher subjective Täuschungen und Künsteleien in hohem Grade. Ein und dieselbe Curve, *cd*, Fig. 103, giebt oft verschiedene Mitteldruckgrössen, je nachdem man ein kürzeres oder ein längeres Stück, *ch*, *cn* oder *cd* der Bestimmung zum Grunde legt. Ist auch dieses nicht der Fall, so können ganz verschiedene Compensationsmomente dieselbe Zahl des Mitteldruckes für gleiche Zeitabschnitte möglich machen. Vergleicht man die Mitteldrucke zweier verschiedener Curven, so wird der Boden noch schlüpferiger, weil hier nicht nur dieselben Täuschungsmomente wiederkehren, sondern auch die zwei Aufzeichnungsapparate zu denselben Zeiten ungleich arbeiten können. Diese Uebelstände lassen auch viele der hierher gehörenden ausführlichen Untersuchungen bei näherer Prüfung resultatlos erscheinen.

Grösse des Mitteldruckes in den stärkeren Schlagadern.

§. 513. Der gewöhnliche Mitteldruck, den man in den grösseren oder mittelgrossen Säugethieren und Vögeln antrifft, beträgt 150 bis 160 Mm. Quecksilber oder 1,9 bis 2,1 Meter Blut (§. 455). Eine und dieselbe Thierart kann die verschiedensten Werthe darbieten. Obgleich die Carotis des Pferdes eher höhere als niederere Grössen liefert, so kommt es doch auch vor, dass sie nur 120 Mm. oder noch weniger angiebt. Ludwig fand aber andererseits 321 Mm. in einem Falle. Kleinere Säugethiere, wie das Kaninchen, führen in der Regel zu Mitteldrucken, die zwischen 100 und 110 oder nur zwischen 80 und 100 Mm. fallen. Beträchtliche Schwankungen sind aber auch hier nicht ausgeschlossen. Selbst ein kleiner Vogel, wie das Huhn oder die Taube, kann noch mehr als 200 Mm. in Einzelfällen darbieten.

Systolische Steigung.

§. 514. Die systolische Steigung fällt häufig in grösseren Thieren beträchtlicher aus. Sie kann z. B. im Pferde 10 und selbst 15 Mm. betragen, während sie sonst in kleineren Geschöpfen nur wenige Millimeter ausmacht. Wir werden übrigens später sehen, dass die Interferenzen der Athmungswirkungen manche wesentliche Veränderungen in dieser Hinsicht zur Folge haben.

Ungefähre Gleichheit der Mitteldrucke in verschiedenen Geschöpfen.

§. 515. Wenn auch die Mitteldrucke in den gleichen Schlagadern derselben Thierart um mehr als das Zweifache schwanken können, so führen doch die Durchschnittswerthe, die man als statistische Mittelzahlen zahlreicherer Versuchsreihen erhält, zu dem Endergebnisse, dass eine gewisse Aehnlichkeit der Verhältnisse in den Säugethieren und den Vögeln der verschiedensten Körpervolumina durchgreift. Das Pferd, das Rind, das Kalb, das Schaf, die Ziege, der Hund, die Katze, das Kaninchen, der Storch, die Gans, das Huhn, die Taube liefern Druckgrössen, die einander weit näher stehen, als sich nach dem Körperumfange oder den Querschnitten der geprüften Schlagadern erwarten liesse. Ein kleiner Hund kann denselben oder einen noch höheren Mitteldruck als ein grösserer anzeigen.

Es kommt sogar vor, dass eine kräftige Taube eine höhere Mittelzahl als ein abgemagertes Pferd giebt. Die systolische Erhebung beginnt in allen Fällen viel früher, als die Ausgleichung der Drucke stattgefunden. Ein beträchtlicher Seitendruck lastet daher fortwährend auf allen grösseren Schlagaderwänden der Säugethiere und der Vögel, ohne dass der Unterschied der Wanddicke derselben diesen Verhältnissen parallel ginge.

§. 516. Man kann diese paradoxen Erscheinungen vom hydraulischen Standpunkte begreiflich machen. Die weit beträchtlichere Blutmasse, welche jede Systole der linken Kammer eines grösseren Säugethieres ausgiesst, ist möglicher Weise im Stande, die Spannung der Schlagadern um eben so viel zu erhöhen, als die geringeren eines kleineren Säugethieres oder Vogels, weil hier nicht die absoluten, sondern nur die relativen Volumina entscheiden. Der Zufluss vom Herzen und die Ableitung in die Haargefässe, die Widerstände, welche dem Fortrücken des Blutes entgegenstehen, und die Beschaffenheit der Röhrenwände können in beiden Fällen so geordnet sein, dass ungefähr dieselben Grössen des Seitendruckes herauskommen. Das kleinere Geschöpf hat weniger Haargefässe, aber dafür auch eine grössere Menge von schmaleren Schlag- und Blutadern. Die zu Gebote stehenden Ableitungsbahnen fallen in ihm sparsamer aus. Rechnet man noch die nicht zu bestimmenden Verhältnisse der Beschaffenheit des Blutes, der Adhäsion, der Reibung und der Elasticitätsgrössen hinzu, so bildet jenes scheinbare Paradoxon keine hydraulisch unerklärliche Thatsache. Sie lehrt zugleich, dass die dünnen Schlagaderwände der kleineren Geschöpfe Elasticitäts- und Festigkeitsmodule besitzen, die von Drucken von 2 Meter Blut noch nicht überwunden werden, dass jeder Quadratcentimeter von ihnen mit mehr als 212 Grm. ohne Nachtheil belastet bleibt.

Wechsel des Druckes im Verlaufe des Arteriensystems.

§. 517. Die Adhäsion, die Reibung, die Biegungen und die Theilungen der Schlagadern werden immer mehr Druckkraft verzehren, je weiter man im Verlaufe des Arteriensystemes fortschreitet. Der Seitendruck muss an einer peripherischeren Stelle des Arteriensystemes kleiner ausfallen, weil die noch vorliegenden Widerstände geringer sind (§. 489). Könnte man zwei gleichzeitig spielende Manometer in zwei entfernte Stellen der Halsschlagader einbringen, so würde der peripherischer gelegene Kraftmesser geringere Höhen- und Tiefenstände und einen kleineren Mitteldruck liefern, weil die Adhäsion und die Reibung des Zwischenweges einen Theil der Druckkraft vernichtet. Die Quecksilbersäule eines Differenzialmanometers, d. h. eines gebogenen nach beiden Seiten hin wagerecht ausgehenden Druckmessers, den man in eine centralere und eine peripherischere Stelle der Carotis seitlich einfügen könnte, müsste an jener stärker als an dieser heruntergedrückt werden. Der Unterschied würde der Widerstandshöhe des Zwischenweges entsprechen.

§. 518. Wenn Poiseuille den Satz aufstellte, dass der Druck des Blutes in allen grösseren Schlagadern desselben Geschöpfes gleichzeitig derselbe sei, so muss dieses so ausgelegt werden, dass die Unterschiede, welche die Adhäsion, die Reibung, die Biegungen und die Theilungen erzeugen, in den Arterien von grösserem Querschnitt verhältnissmässig unbedeutend oder fast Null sind. Feinere Differenzen können hier leicht durch Beobachtungsfehler verdeckt werden. Das Unbestimmte aber, welches den

Mitteldruckgrössen (§. 512) anhaftet, muss andererseits vorsichtiger machen, die durch sie gewonnenen Resultate für die uns hier beschäftigende Frage auszubeuten. Nur beständig wiederkehrende Unterschiede der einzelnen gleichzeitigen Curvenabschnitte können als maassgebend gelten.

§. 519. Da die Widerstandshöhen der Adhäsion, der Reibung, der Biegungen und der Theilungen von der Geschwindigkeit der Flüssigkeit abhängen (§. 460 und §. 465), so wird die Druckdifferenz, die zwei ungleich entfernte Stellen desselben Schlagaderrohres angeben, von Zeit zu Zeit, ja während der Systole und der Diastole eines Herzschlages wechseln können. Sollte sich die Beschaffenheit des Blutes im Laufe des Versuches ändern, so wäre ein neuer Variationsgrund gegeben.

§. 520. Die bis jetzt gemachten Erfahrungen konnten noch nicht auf feinere Fragen auf diesem Gebiete eingehen. Sie lehren aber im Ganzen, dass schon merkliche Unterschiede in den grösseren und mittleren Röhren des Schlagadersystemes vorkommen können.

Druckunterschied in der centralen und der peripherischen Carotis.

§. 521. Hat man die Carotis eines Thieres durchschnitten und einen Blutkraftmesser endständig und central oder nach dem Herzen zu, den anderen dagegen peripherisch oder nach dem Gehirn hin eingesetzt, so zeigt der erstere den Gesammtdruck in dem centraleren Abschnitte der Halsschlagader oder nahebei den Seitendruck an ihrer Ursprungsstelle an (§. 498). Das Blut dagegen, welches auf das peripherisch eingefügte Manometer wirkt, geht von dem Ursprunge der Wirbelschlagader aus. Die Verbindung mit dem peripherischen Abschnitte der Carotis wird durch die Basilarschlagader hergestellt. Man hat also hier einen längeren Umweg, der mit zahlreichen Biegungen und Seitenzweigen versehen ist. Der centrale Abschnitt der Carotis wird deshalb einen grösseren Druck als der peripherische liefern. Dieses ist, in der That, nach den früheren Erfahrungen von Ludwig und Spengler und den neueren von Volkmann, der Fall. Der Letztere erhielt z. B. 113,8 und 88,8 Mm. als die beiden Mitteldrucke im Hunde. Das Schaf, dessen Hirncarotis eine Wundernetzbildung besitzt, gab 142,4 und 116,7 Mm. Fig. 104 zeigt zwei entsprechende Curvenabschnitte des letzteren Thieres. *a b* gehört dem centralen und *c d* dem peripherischen Stücke der Halsschlagader an.

Fig. 104.

Druck in der Hals- und der Schenkelschlagader.

§. 522. Die Carotis eines Kaninchens gab einen Mitteldruck von 91,2 Mm. und die Schenkelschlagader nur 86 Mm. Man hätte also hier wiederum einen geringeren Werth für die von dem Herzen entferntere Arterie. Der Hund dagegen führt, nach Volkmann, zu einem etwas grösseren Durchschnittsdrucke für die Schenkel- als die Halsschlagader. Man müsste für diesen Fall annehmen, dass die peripherischen Widerstände für die Schenkelarterie um so viel beträchtlicher sind, dass sie die Hindernisse, welche auf dem längeren Zwischenwege vom Herzen her auftreten, mehr als ausgleichen.

Abnahme der Unterschiede der Höhen- und der Tiefenstände.

§. 523. Die früher (§. 473) erläuterten Einflüsse der Elasticität der Röhrenwände erklären es, weshalb die Unterschiede der Höhen- und der Tiefenstände in den weiteren und dem Herzen näher liegenden Arterien grösser ausfallen. Man kann z. B. 30 Mm. als mittlere Ordinatendifferenz (*fk*, Fig. 101 S. 152) für die Carotis und nur 2 Mm. für einen stärkeren Seitenast der Schenkelschlagader des Hundes erhalten. Der Unterschied wird auch mit der Vertheilung des Blutes, der Schnelligkeit der Bewegung desselben und den elastischen Eigenschaften der einzelnen Röhrenabschnitte in den verschiedenen Gefässbezirken wechseln können.

Druck der Schlagadern in der Brusthöhle.

§. 524. Da sich der Anfang der aufsteigenden Aorta und die Lungenschlagader ohne wesentliche Störungen der Athmung und des Herzschlages in gesunden Thieren nicht blosslegen lassen, so vermag man die wahren Druckwerthe derselben nicht zu ermitteln. Die künstliche Athmung, die wir später kennen lernen werden, ersetzt die natürliche nicht, weil sie immer nur unvollständig wirkt und das unter ihrem Einflusse absterbende Herz ungleich arbeitet. Der unvermeidliche Blutverlust, der das Körpergefässsystem zunächst betrifft, muss noch eine Reihe unberechenbarer Störungen hinzufügen. Fälle von Herzektopieen (§. 409) der Säugethiere könnten hier eher zum Ziele führen.

§. 525. Ludwig und Beutner liessen den Druck in der Lungenschlagader an dem Kymographion aufzeichnen. Sie verbanden den linken Ast derselben mit einem und die Carotis mit einem zweiten Blutkraftmesser in ihren vollständigsten Versuchen und unterhielten die künstliche Athmung oder erzeugten auch die Linien während der Unterbrechung derselben. Beide Arterien gaben verhältnissmässig geringe Druckwerthe. Das Maximum des Mitteldruckes der Carotis glich im Hunde 88,4 Mm., in einer Katze 115,8 Mm. und in einem Kaninchen 86,1 Mm. Die Spannung in der Lungenschlagader verhielt sich in den einzelnen Beobachtungen zu der der Carotis, wie 1 : 2,9 bis 1 : 8,5. Bestimmte man den Mitteldruck aus einem ersten und einem zweiten Curvenstücke (§. 512), so lieferte der erstere Abschnitt günstigere Werthe für die Lungenschlagader. Der Hund zeigte z. B. 1 : 2,9 in den ersten 61,2, und 1 : 3,2 in den nachfolgenden 42,5 Secunden. Eine Katze gab 1 : 3,3 für 36,5 und 1 : 5,8 für spätere 51,6 Secunden. Jene Beobachtungen lehren daher nur, dass die relativen Druckwerthe der Carotis noch bedeutend unter den gefundenen 2,9 oder 3,3 in unversehrten Thieren liegen werden.

Hämodromometer.

§. 526. Das von Volkmann angegebene Hämodromometer oder der Schnelligkeitsmesser, Fig. 105, hat zum Zweck, die Stromschnelle des Blutes in den grösseren Gefässen zu ermitteln. Der Kasten *ab*, dessen Ansätze *gh* in die beiden Glasschenkel *k* und *l* oder die Umwegsröhre *klm* führen, enthält zwei Hähne *e* und *f*, die durch Kammräder, wie es *ab*, Fig. 106 zeigt, wechselseitig eingreifen. Man kann sie daher gleichzeitig umdrehen. Jeder von ihnen ist anderthalbfach durchbohrt. Die eine Stellung derselben, welche Fig. 107 zeigt, lässt den Durchgang *a b* in der Richtung *c d*, Fig. 105, offen. Der Zugang zur Umwegsröhre *k l m*, Fig. 105, oder *c d*, Fig. 107, ist in diesem Falle abgesperrt. Macht man dagegen eine Viertelsdrehung an *e*, Fig. 105, so gestalten sich die Verhältnisse, wie es

Fig. 108 zeigt. Die von *b* kommende Flüssigkeit muss den Umweg durch *k m l*, Fig. 105, einschlagen, um zu *a* zu gelangen.

Man schneidet ein Stück des oben und unten zusammengedrückten Gefässes (§. 493) aus und bindet in dessen Enden die Canülen *n* und *o*, Fig. 105,

Fig. 105.

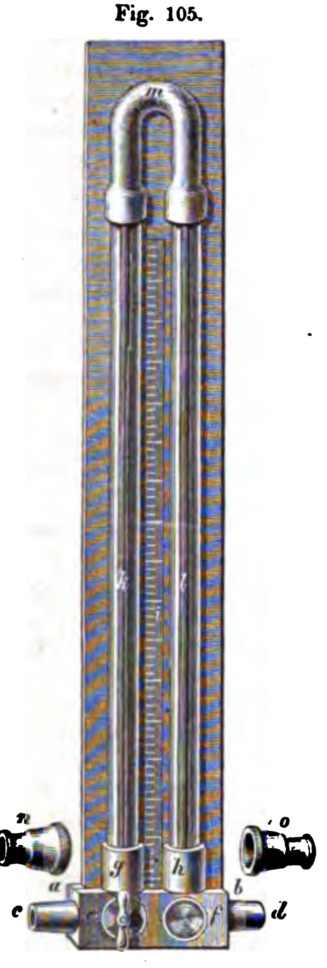


Fig. 106.

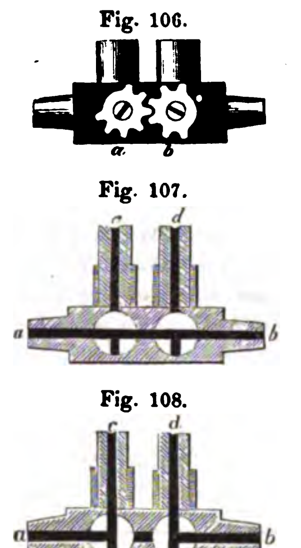


Fig. 107.

Fig. 108.

die in die Ansatzröhren *c* und *d* eingeschliffen sind. Hat man den Hohlraum des Kastens und der Nebenröhre mit Wasser gefüllt, so schiebt man *c* und *d*, Fig. 105, in *n* und *o*, stellt die Hähne, wie es Fig. 107 zeigt, und giebt den Blutlauf frei. Der Strom geht dann in der Bahn *b a* durch. Dreht man dagegen *e* um 90° und leitet daher die Fig. 108 abgebildeten Beziehungen ein, so muss das Blut den Umweg *l m k* verfolgen. Da es sich durch seine rothe Farbe kenntlich macht und die Länge des ganzen Umweges oder eines Theiles desselben, welchen die Scale *i* angiebt, bestimmt werden kann, so braucht man nur die entsprechende Zeitgrösse mittelst der Schläge einer Uhr zu verfolgen, um die zur Berechnung der Secundengeschwindigkeit nöthigen Grundwerthe zu vervollständigen.

§. 527. Die Mischung des Blutes mit dem Wasser, die der Bewegung der reinen Blutsäule voraneilt, kann die Schnelligkeit scheinbar vergrössern. Die beträchtlicheren Widerstände, welche die Glas- und Metallwände des meist engeren Umwegsrohres und die Biegungen entgegensetzen, werden sie dagegen herabsetzen. Es lässt sich nicht bestimmen, welchen Einfluss

die wahrscheinlich immer vorhandenen Temperaturveränderungen (§. 464), die Verdünnung des Blutes an dem vorderen Berührungstheile und der Wechsel der Adhäsion ausgeübt haben. Die Hauptschwierigkeiten liegen in den Zeitbestimmungen. Ein Umweg von einem Meter Länge ist meist in weniger als 5 Secunden durchlaufen, wenn man an grösseren, und in 10 bis 20 Secunden, wenn man an kleineren Schlagadern arbeitet. Da nun die Seitenbahn der gewöhnlichen Hämodromometer 0,6 bis 1,3 Meter beträgt, so werden verhältnissmässig bedeutende Fehlergrössen leicht eingreifen. Nimmt man die Stelle, an welcher *b* und *d*, Fig. 108, zusammenstossen, als Ausgangspunkt, so muss die Bestimmung noch unsicherer ausfallen. Die erhaltenen Werthe können daher nur als erste Näherungsgrössen gelten.

Schnelligkeit des Blutlaufes in den grösseren Schlagadern.

§. 528. Wir wollen uns eine Reihe von Erfahrungen, welche Volkmann auf diesem Wege gewonnen hat, so zusammenstellen, dass wir die Grenzwerthe und die Durchschnittszahlen unter Berücksichtigung einzelner Nebenverhältnisse besonders angeben. Man hat dann:

Thier.	Schlagader.	Secundengeschwindigkeit des Blutes in Millimetern: Maximum.	Minimum.	Mittel.	Zahl der Beobachtungen.	Nebenverhältnisse.
Pferd.	Carotis.	254	220	226,8	5	—
desgl.	desgl.	431	306	368,5	2	Nach Unterbindung der Kieferschlagader.
desgl.	Kieferschlagader.	232	99	165,5	2	—
desgl.	Metatarsusarterie.	—	—	56	1	—
Kalb.	Carotis.	—	—	431	1	—
Schaf.	desgl.	350	241	309,7	6	—
Ziege.	desgl.	—	—	358	1	—
desgl. junges Thier.	desgl.	280	240	260	2	—
Hund.	desgl.	357	205	300,2	9	—

Bidder und Lenz erhielten 92 bis 423 Mm. für die Carotis des Kalbes, 173 bis 194 Mm. für die des Hundes und 114 Mm. für die Schenkelschlagader des letzteren, so lange die Verhältnisse normal blieben.

§. 529. Da der Druck nach den Verzweigungen hin ab- und der gesammte Querschnitt des Flussbettes zunimmt, so muss das Blut eine geringere Geschwindigkeit in den Aesten, z. B. der Kiefer- oder der Fussschlagader, als in den Hauptstämmen, wie der Carotis, besitzen. Die systolischen Beschleunigungen werden auch in dieser grösser ausfallen. Die Zahlen der mittleren Schnelligkeiten sind eben so unbestimmte Grössen, wie die der Mittel-

drucke (§. 512). Man sieht aber besonders aus den Grenzwerthen, dass die Geschwindigkeiten des Blutes in der Carotis der grösseren und der kleineren Säugethiere ziemlich übereinstimmen.

§. 530. Die theoretische Betrachtung ergiebt von selbst, dass die Werthe des Seitendruckes und der Geschwindigkeit nicht gleichartig wechseln. Wenn z. B. die Kammersystole eine gewisse Grösse von Druckkraft zu der früheren hinzufügt und die Geschwindigkeit aus diesem Grunde erhöht, so wächst auch der Seitendruck, weil seine Bedingungsglieder Functionen der Geschwindigkeit sind. Die Hindernisse der Adhäsion ändern sich nach dem einfachen, die der Reibung, der Krümmungen und der Theilungen dagegen nach dem quadratischen Verhältnisse der Geschwindigkeiten. Die elastische Dehnung, welche der stärkere Systoledruck erzeugt, macht das Rohr weiter und giebt andere Werthe den Biegungs- und Spaltungswinkeln. Die Zunahme des Querschnittes beschleunigt die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Welle in einem elastischen Rohre. Die Variation der Winkel wird begünstigend oder hemmend, je nach der Richtung der Veränderung, eingreifen. Man kann daher auf keine beständige Relation bei dem Wechsel von Geschwindigkeit und Seitendruck in diesem einfachsten Falle stossen, wenn man sie selbst nach dem Principe, dass die Quadrate der Geschwindigkeit den Druckhöhen proportional sind (§. 458), aufsucht.

Puls, Seitendruck und Geschwindigkeit.

Da der Seitendruck die Summe der vorliegenden Widerstände bezeichnet, so wird er von dem Flussbette, das sich zwischen der Prüfungsstelle der Schlagader und dem rechten Vorhofe hinzieht, bestimmt (§. 489). Verfolgt man die Seitendrucke und die Geschwindigkeiten während einer gegebenen Versuchsdauer, so kann sich unterdess die Summe jener Widerstände wesentlich ändern. Rein mechanische Aussenverhältnisse und vorzüglich das Verkürzungsvermögen der Gefässröhren und die später zu erwähnenden Athmungseinflüsse führen solche Schwankungen mit Leichtigkeit herbei. Stellen wir uns z. B. vor, ein zwischen dem Prüfungsorte und dem Vorhofe liegender Bezirk erhalte einen grösseren Gesammtquerschnitt, so wird hierdurch die Geschwindigkeit des Blutes an der Prüfungsstelle im Augenblicke erhöht, während der Seitendruck abnimmt. Beide ändern sich daher hier in entgegengesetztem und nicht in gleichem Sinne, wie im ersteren Falle.

Die Zahl der Pulsschläge steht ebensowenig in einer bestimmten Beziehung zu dem Seitendrucke oder der Geschwindigkeit. Sie giebt nicht das Verhältniss der Dauer der Systole zu der der Diastole an. Sie liefert daher auch in keinem Falle ein Maass der diastolischen Ab- und der systolischen Zunahme der Druckhöhe. Die einer Zeiteinheit entsprechende Menge der Pulsschläge kann nicht den geringsten Rückschluss auf die Grössen der Seitendrucke oder der Geschwindigkeitshöhen der Blutbewegung gestatten.

Bidder und Lenz suchten den Seitendruck und die Geschwindigkeiten zu vergleichen, indem sie ein mit dem Kymographion verbundenes Manometer in einer Oeffnung der Umbiegungsstelle des Schnelligkeitsmessers (bei *m*, Fig. 105) einsetzten. Sie bestätigten hierbei, dass keine bestimmten Beziehungen in den Schwankungen der Pulsschläge, der Mitteldrucke und der Geschwindigkeiten auftreten.

§. 531. Betrachten wir endlich noch den wahren Werth der Zahlen, welche der Schnelligkeitsmesser, abgesehen von den Beobachtungsfehlern, angiebt, so finden wir, dass er die Resultante sehr verschiedenartiger Bedingungsglieder liefert. Da die Geschwindigkeiten während der Diastole und der Systole und während einer Reihe von Herzschlägen wechseln, so zeigt er nur eine Durchschnittsgrösse aller derjenigen Componenten an, die während der Dauer der Strömung des Blutes durch das Umwegsrohr eingriffen. Die centralen Flüssigkeitsfäden, welche in einer Röhre dahingehen, fliessen aber rascher als die peripherischen (§. 464). Man wird daher auch einen hierauf bezüglichen Mittelwerth erhalten.

Verkürzungsvermögen der Schlagaderwände.

§. 532. Wir haben bis jetzt nur die Schlagadern als elastische Röhren angesehen. Ihre Wände enthalten aber auch Faserzellen, die mit den der einfachen Muskelfasern anderer Theile übereinstimmen (Taf. IV. Fig. LX). Reizversuche, die man am besten mit dem Magnetelektromotor anstellt, führen zu der Ueberzeugung, dass die Schlagadern einen nicht unbedeutenden Grad von Verkürzungsvermögen besitzen. Man sieht an blossgelegten Arterien lebender Thiere, dass diese Fähigkeit zu keiner herzartigen Thätigkeit, zu keiner periodisch eingreifenden und bald wieder nachlassenden Druckverstärkung dient. Eine jede Schlagader kann sich allmälig zusammenziehen. Sie verharrt dann eine Zeit lang in diesem Zustande, ehe sie zu ihrer früheren Capacität zurückkehrt. Die Verkürzung lässt also die Arterien als Röhren von anderem Caliber eine längere Zeitdauer hindurch thätig sein. Sie haben dann geringere Aufnahmsräume und setzen dem Blutflusse grössere Widerstände entgegen, weil die Oberfläche der Röhrenwand im Verhältniss zum Querschnitt mit der Verengerung wächst (§. 462) und die Innenfläche wahrscheinlich ungleicher wird. Die Wände bieten vermuthlich einen grösseren Elasticitätscoëfficienten dar, indem die zusammengezogenen Muskelfasern einen neuen Widerstand der Ausdehnung entgegenhalten. Sie nähern sich daher mehr den starren Röhren, während andererseits die Zunahme des Widerstandes die Geschwindigkeit vermindern hilft. Man kann nicht im Allgemeinen angeben, wie sich die Verhältnisse unter diesen Einflüssen ändern, weil nicht bloss der Grad, in dem die genannten Momente wirken, unbekannt bleibt, sondern auch viel davon abhängt, wie gross der in Verkürzung begriffene Abschnitt des Schlagadersystemes ist und in welchem Bezirke er liegt.

Leerheit der Arterien.

§. 533. Die Wände der Schlagadern eines getödteten Thieres können einen hohen Grad von Todtenstarre darbieten. Wenn der Herzschlag aufhört, so sollten die Arterien nur so viel, als ihrem Ueberschussdrucke über den der Venen entspricht (§. 468), austreiben. Die Lumina schwinden aber bisweilen zum grössten Theil oder sind wenigstens meist im Anfange beträchtlich kleiner, als nach dem Ende der Todtenstarre. Versucht man die Extremität eines Pferdes kurze Zeit nach dem Tode auszuspritzen, so gelingt es häufig nicht, die Masse weit einzutreiben, weil die Hohlräume der Schlagadern nicht offen genug sind. Wiederholt man dasselbe 24 Stunden später, so glückt die Injection, weil jene Zusammenziehung unterdessen aufgehört hat. Gerinnt aber der grösste Theil der Blutmasse in den Capillaren und den Venen, ehe die Erschlaffung eintritt, so kann diese höchstens Serum

zurücksaugen. Man findet daher die Schlagadern des Leichnames, die ein gewisses Lumen mittelst ihrer Elasticität wieder erhalten haben, wie man sich ausdrückt, **leer**, d. h. mit einer Flüssigkeit, die kein reines Blut ist, oder mit Gasen und Dämpfen gefüllt. Fehlt eine kraftvolle Todtenstarre oder kann noch eine beträchtlichere flüssige Blutmenge in die erschlafften Schlagadern zurücktreten, so wird man auch die sogenannte Leere derselben vermissen.

Sichtbarer Puls.

§. 534. Der **Puls**, den die ärztliche Untersuchung häufig benutzt, kann sich dem Auge, dem Ohr oder dem Tastsinne verrathen. Die Erweiterung, welche die eingetriebene Blutmasse während der Systole erzeugt, fällt deshalb weniger auf, weil sie nur einen sehr kleinen Bruchtheil des Querdurchmessers, wie sich berechnen lässt, vergrössern kann. Manche andere Veränderungen dagegen können mit dem Gesichtssinne eher verfolgt werden. Ist eine Arterie *ef*, Fig. 109, an einer Stelle ihres Verlaufes *e* inniger angeheftet, während ihr Ursprung *f* ebenfalls weniger nachgiebt, so muss ihre elastische Verlängerung eine Krümmung, wie es die punktirte Linie zeigt, zur Folge haben. Bogige Arterien, *abc*, werden häufig gestreckter und geschlängelte ändern ihre Form und Lage, wie es Fig. 110 schematisch angiebt.

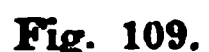


Fig. 109.

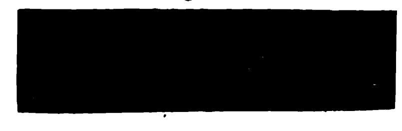


Fig. 110.



§. 535. Wenn ein Mensch die Kniekehle des einen Beines auf dem Knie des anderen ruhen lässt, so geht die schwebende Fussspitze dem Pulsschlage entsprechend auf und nieder. Man kann daher die Zahl der Herzschläge eines Menschen, ohne dass er es merkt, bestimmen. Die dem Pulse entsprechende Vergrösserung des Seitendruckes der Kniekehlenschlagader, die ihren Stützpunkt an der harten Unterlage des anderen Kniees findet, lässt ihre Kraft nach der Seite des geringeren Widerstandes spielen. Der Ausschlag vergrössert sich aber in gleichem Verhältnisse der Verlängerung des Hebelarmes. Wird *ac*, Fig. 111, das in *c* unterstützt ist, um diesen Punkt gedreht, so beschreibt der von *c* weniger entfernte Punkt *b* den Bogen *be*, während *a* den $\frac{ac}{bc}$ mal längeren Bogen *ad* durchläuft. Die in *a* befindliche Fussspitze geht daher um eine merkliche Grösse in die Höhe, wenn die Nachbarschaft der Kniekehlenschlagader eine nur kleine Bewegung vornimmt. Das schwebende Bein übernimmt mit einem Worte die Rolle eines Fühlhebels.

Fig. 111.



Aufzeichnung des Pulses.

§. 536. Man hat auch mehrfache Versuche gemacht, den Puls des lebenden Menschen aufzeichnen zu lassen. Ich setze zu diesem Zwecke eine mit einer Kreistheilung von Viertelsgraden versehene Scheibe *ab* auf

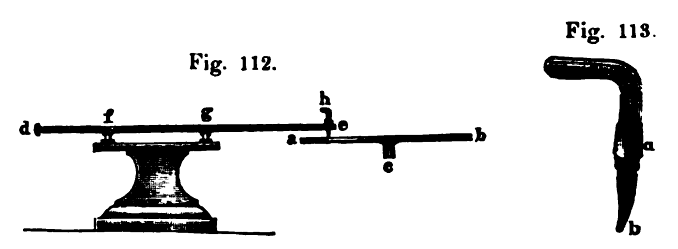
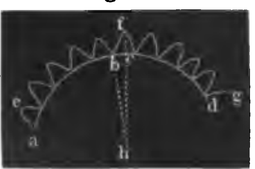


Fig. 112. Fig. 113.

eine der Achsen *c* des Fig. 99 abgebildeten Uhrwerkes, so dass sie genau centrisch befestigt wird und sich wagerecht mit möglichst gleichförmiger Geschwindigkeit dreht. Das Papierblatt, auf welchem die Curvenlinie gezeichnet werden soll, wird auf ihrer oberen Fläche angestochen. Ein Stab *de*, der in *d* an der Pulsationsstelle der Carotis oder der Radialis mit Heftpflastern unverrückbar angebracht ist, kann in *fg* mit möglichst geringer Reibung hin- und hergleiten, nicht aber seitlich ausweichen. Er trägt einen Pinsel *h* oder noch besser die Fig. 113 abgebildete Hipp'sche Feder, die aus einer bis auf eine feine Oeffnung *b* sorgfältig zugeschmolzenen Capillarröhre besteht, an dem anderen Endtheile. Jene Feder ist in allen Fällen vorzuziehen, weil sie mit einem höchst unbedeutenden Widerstand sehr reine Linien auf geglättetem Papier aufschreibt, nicht, wie ein Pinsel kehrt, und die Zeichnung verunstaltet und die nöthige Tinte fortwährend durch den eingeschlossenen Baumwollenfaden sehr langsam und gleichförmig abfliessen lässt.

Bleibt *de*, Fig. 112 ruhig, während sich *ab* dreht, so zeichnet *h* einen Kreisbogen *abcd*, Fig. 114, der hier die den Zeiten entsprechende Abscissenlinie vertritt. Wenn sich dagegen *cd* durch den Pulsschlag der Arterie hin- und herbewegt, so erhält man z. B. die Curvenlinie *efg*, Fig. 114. Zieht man nun zwei beliebige Durchmesser mittelst der frei gebliebenen Graduation der Kreisscheibe, so findet man den Ort des Mittelpunktes *h*. Der Unterschied von *hb* und *hf* bestimmt die Ordinate, welche der maximalen Differenz des Höhen- und des Tiefenstandes entspricht, während der Bogen *bc* oder der Winkel *bhc* die Zeit angiebt.

Fig. 114.



Die unvermeidlichen Reibungen und die Störungen, welche die Nachgiebigkeit der zwischen der Arterie und dem Stabe (*d*, Fig. 112) befindlichen Weichgebilde erzeugten, raubten den grössten Theil ihres wissenschaftlichen Werthes den von mir erhaltenen Curvenlinien. Man darf dabei auch nicht übersehen, dass der Widerstand, den die Verschiebung des Stabes *de* und die Reibung des Papieres entgegensetzen, wie äussere Drucke,

die auf der Arterie lasten, thätig sind und daher die Wellenamplitude verkleinern (§. 478).

Vierordt bedient sich des Cylinders des Kymographion (*b*, Fig. 99). Er lässt die Hand auf einer fixen Unterlage ruhen und die Curven der Radialarterie mittelst einer Borste auf berusstem Papier vergrössert aufzeichnen. Ein eingeschaltetes Parallelogramm sichert vor jeder seitlichen Wendung (§. 502). Die erhaltene Zeichnung wird später mit Copalfirniss fixirt. Fig. 115 zeigt uns ein Bruchstück einer solchen Curvenlinie nach einem Vierordt'schen Originalexemplare. Man findet hier, dass die systolische Erweiterung der Radialschlagader eine verhältnissmässig bedeutend kürzere Zeit als die diastolische Verengerung anhält.

Fig. 115.

Hörbarer Puls.

§. 537. Der hörbare Puls entsteht entweder durch die Fortpflanzung der Herztöne (§. 447) oder durch eigenthümliche Geräusche, die meist nur unter krankhaften Verhältnissen auftreten. Pulsadergeschwulste, Verengerungen der Durchgangswege und andere Störungen führen zu dieser Art von Erscheinungen.

Fühlbarer Puls.

§. 538. Der tastende Finger kann die Ortsveränderung oder die grössere Spannung, die während des Vorüberganges der Pulswelle stattfindet, wahrnehmen. Wenn es dabei den Anschein hat, als eile eine nur kurze Pulswelle, wie *klm* und *qrs*, Fig. 109, dahin, so darf dieses nicht zu dem Glauben verleiten, als habe sie selbst eine so geringe Ausdehnung. Ihre Länge übertrifft vielmehr die des Schlagadersystemes, so dass ihr Anfangstheil schon an der Grenze des letzteren geschwunden ist, wenn ihr Ende an der Aorta auftritt. Nur die kurze Dauer ihrer Anwesenheit führt zu jener Täuschung.

Pulsarten.

§. 539. Manche Pulsarten, welche die Krankheitslehre unterscheidet, beruhen auf spitzfindigen Sonderungen oder wenigstens auf so zarten Verhältnissen, dass sie nur feine Maassinstrumente, nicht aber das unbestimmte Tasten mit Sicherheit unterscheiden könnte. Kommt eine ungewöhnlich grosse Zahl von Schlägen auf eine gegebene Zeiteinheit, so hat man einen häufigen und im umgekehrten Falle einen seltenen Puls. Die relative Dauer der Systole und der Diastole braucht hierbei keine auffallende Verschiedenheit darzubieten. Wenn aber die Zeit der Systole beträchtlich verkürzt und die der Diastole relativ verlängert ist, so kann man von einem schnellen Pulse, der keineswegs zugleich ein häufiger zu sein braucht, sprechen. Der träge würde dann mit einer Verlängerung und einer allmäligen Erhebung der Systolewirkung verbunden sein. Diese Unterscheidung gehört aber mehr der Theorie als der ärztlichen Erfahrung an. Ein doppelschlägiger oder dicrotischer Puls kann durch zwei Absätze einer Systole hervorgebracht werden. Der aussetzende Puls geht aus einer, von Zeit zu Zeit auftretenden längeren Dauer einer Diastole und der harte oder weiche aus dem Wechsel der Füllung oder der Verkürzungsfähigkeit der Wände der Schlagadern hervor.

Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Pulses.

§. 540. Da die Fortpflanzung der durch die Systole in dem Anfange des Arteriensystemes erzeugten Wellen eine gewisse Zeit in Anspruch nimmt, so müssen Schlagadern, die dem Herzen näher liegen, früher, als die entfernteren klopfen. E. H. Weber nahm in seinen Untersuchungen wahr, dass die Kieferschlagader ungefähr $^1/_6$ bis $^1/_7$ Secunde später pulsirt, als die Metatarsea des Fusses. Der Vergleich der Halsschlagader mit der an dem äusseren Knöchel verlaufenden Wadenbeinschlagader liess mich die Differenz, wenn sie deutlich bemerkt werden konnte, auf $^1/_6$ bis $^1/_{12}$ Secunde anschlagen. Ich versuchte auch den Zeitunterschied auf graphischem Wege zu bestimmen. Ein junger Mann, der an angeborener Brustbeinspalte litt, zeigte eine klopfende Stelle, die nur auf die aufsteigende Aorta bezogen werden konnte. Liess ich den Puls der letzteren und den der Halsschlagader nach dem §. 536 erwähnten Verfahren aufschreiben, so mussten die Maxima der Erhebungen beider Wellenlinien um eine auf den Mittelpunkt bezogene Winkelgrösse verschoben sein, aus der man den Zeitunterschied bestimmen konnte. Obgleich dieses Verfahren verhältnissmässig nicht unbedeutende Fehlerquellen einschloss (§. 536), so zeigte sich doch noch nicht $^1/_8$ Secunde Unterschied.

Rechnet man auch nur $^1/_3$ der Zeit eines Herzschlages für die Dauer der Kammersystole, so hält diese 0,29 Secunden an, wenn 70 Herzschläge auf die Minute kommen. Klopft nun eine Arterie, die am weitesten vom Herzen entfernt liegt, höchstens $^1/_6$ oder 0,17 Secunden später, so folgt, dass der Anfang der Blutwelle, d. h. der fortschreitenden Bewegung, welche die neu eintretende Flüssigkeit erregt, nicht aber die Ortsveränderung der letzteren an der Grenze des Haargefässsystemes angelangt ist, wenn das Ende derselben an der aufsteigenden Aorta noch nicht erzeugt worden. Die Amplitude ihres Anfangstheiles wird schon am Ende des Schlagadersystemes auf Null gesunken sein (§. 485), wenn ihr Schlussstück noch nicht begonnen hat. Dass uns die Welle bei dem Pulsfühlen so kurz vorkommt, rührt nur davon her, dass wir sie in einer geringen Ausdehnung einer Schlagader verfolgen und das rasche Dahinrollen mit der Länge der Welle verwechseln. Das Gleiche wiederholt sich für die Linien des Kymographion, deren Wellen nur die zeitlichen Druckschwankungen einer begrenzten Stelle wiedergeben. Da aber die Dauer eines Herzschlages ein kleines Abscissenstück bei der gewöhnlichen Umdrehungsgeschwindigkeit des Cylinders in Anspruch nimmt, so müssen auch in hohem Grade verschmälerte Wellen aufgezeichnet werden.

Könnte man selbst die Zeitunterschiede des Pulsschlages in der aufsteigenden Aorta und der Metatarsea des Fusses mit physikalischer Genauigkeit bestimmen, so wäre es doch nicht möglich, den erhaltenen Werth für etwas Anderes als für eine dem entsprechenden Arterienbezirke zugehörende Mittelgrösse anzusehen, weil die Fortpflanzungsgeschwindigkeit in einem elastischen Rohre mit dem Drucke, dem Elasticitätscoëfficienten und dem Durchmesser der Röhre wechselt.

Flussbett d. Capillargefässe.

§. 541. Haargefässe. — Es gehört in den Schlagadern zur Regel, dass die Summe der Querschnitte *de* und *fg*, Fig. 116, der Zweige *b* und *c* grösser, als der Querschnitt *hi* des Hauptstammes ausfällt. Man stösst in dieser Hinsicht nur selten auf Ausnahmen, wie z. B. an der Theilung der

Aorta des Menschen in die beiden Hüftarterien. Das Flussbett des Schlagadersystemes nimmt daher nach den Haargefässen beträchtlich zu. Die Capillaren vergrössern es später in weit stärkerem Maasse. Während die Netzbildung in den Schlagadern trotz der häufigen Anastomosen der grösseren Zweige seltener vorkommt, liefert sie die Regel für die Haargefässe, die nur in einzelnen Theilen, wie den meisten Tastwärzchen der Lederhaut oder vielen Hügeln der Schleimhäute, einfache Schlingen, Fig. 117, darstellen. Die kleinen, unter schwachen Vergrösserungen kenntlichen Capillaren sind in allen blutgefässreichen Theilen so dicht zusammengehäuft, dass ein jedes glücklich injicirte Organ die Farbe der Einspritzungsmasse für das freie Auge annimmt.

Fig. 116.



Fig. 117.



Form und Menge der Haargefässe.

§. 542. Die Form, der Reichthum und die Vertheilung der Capillarnetze weichen häufig in charakteristischer Weise ab. Der Kenner bestimmt daher nicht selten das Organ, aus dem ein Injectionspräparat stammt, nach der mikroskopischen Anschauung eines Bruchstückes desselben. Fig. 118 zeigt z. B. einen Typus, den man in den Darmzotten und zum Theil in den einfachen Lungensäcken der geschwänzten Batrachier antrifft. Ein weitmaschiges, mit zahlreichen Aesten versehenes Netz schaltet sich

Fig. 118.

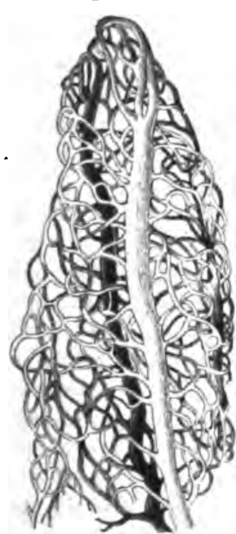


Fig. 119.

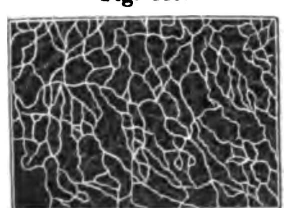
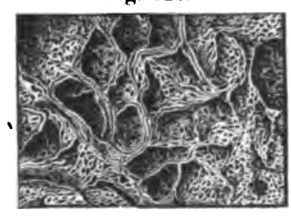


Fig. 120.



zwischen einer aufsteigenden kleinsten Arterie und einer oder mehreren hinablaufenden Venen ein. Fig. 119 liefert die Form der Capillaren, die man im Gekröse, den Zellgewebschichten, am Bauchfelle und anderen serösen Häuten antrifft. Fig. 120 endlich giebt ein Bild der Capillaren der getrockneten Lungen des Menschen. Taf. VI. Fig. LXXXI. bis XC zeigt uns die charakteristischsten Hauptgestalten der Capillargefässe aus einem neugeborenen Knaben, um auch die relativen Verhältnisse desto klarer zu

machen. Der Wechsel dieser Verhältnisse wird daher die Blutcapacität, den Querschnitt des gesammten Flussbettes und die Widerstandsfactoren in den einzelnen Körpertheilen beträchtlich schwanken lassen.

Sichtbarkeit des Blutlaufes in dünneren Theilen.

§. 543. Man kann den Blutlauf in den Haargefässen durchsichtiger Theile unter dem Mikroskope zur Anschauung bringen. Dünne Stellen der Flughäute der Fledermäuse, das Gekröse kleinerer Thiere, die Schwimmhaut, die Lungen und die ausgespannte Zunge der Frösche, der Schwanz der Tritonen, der Salamander, der Schwanztheil und die freien Kiemen des Proteus und der Batrachierlarven, die Schwanzflosse kleinerer Fische und viele Organe der Fischembryonen liefern in dieser Hinsicht passende Beobachtungsgegenstände. Man sieht dabei Manches, das in den grossen Gefässen nicht vorkommt oder wenigstens nicht unmittelbar erkannt wird.

Richtung der Bewegung unter dem Mikroskope.

§. 544. Die Vergrösserungen, die man zu diesen Untersuchungen nöthig hat, verführen häufig den Anfänger zu irrthümlichen Urtheilen. Bedient man sich eines einfachen Mikroskopes, so kann die Richtung der Strömung zu keiner fehlerhaften Auffassung Anlass geben. Braucht man dagegen das zusammengesetzte Mikroskop, so darf man nicht vergessen, dass es die Bilder umkehrt. Die Blutbewegung, die nach hinten zu gehen scheint, schreitet in der Wirklichkeit nach vorn fort, und ein Strom, der sich in dem gesehenen Bilde nach rechts wendet, ist nach links gerichtet.

Scheinbare Geschwindigkeit unter dem Mikroskope.

§. 545. Die Geschwindigkeitsverhältnisse können eine zweite Täuschung herbeiführen. Arbeitet man mit stärkeren Vergrösserungen, so eilen die Blutkörperchen mit ausserordentlicher Schnelligkeit dahin. Man kann sie sogar häufig nicht mehr genau erkennen. Hieraus folgt keineswegs, dass sie in der That so rasch umhergetrieben werden. Die Geschwindigkeit eines bewegten Körpers ist diejenige gerade Wegstrecke, welche er in einer gegebenen Zeit durchsetzt. Wenn nun a, Fig. 121, längs der Bahn ab in einer Secunde dahingeht, so werden wir ihm eine der Länge ab gleichende Secundengeschwindigkeit zuschreiben. Betrachten wir das Ganze unter einer $n$fachen Linearvergrösserung, so ändert sich hierdurch die Zeit, in der a den Weg ab zurücklegt, nicht. ab selbst aber erscheint wie $n \times ab = ac$, d. h. die scheinbare Geschwindigkeit einer Bewegung, die wir unter dem Mikroskope erblicken, verhält sich zur wirklichen, wie die Linearvergrösserung zur Einheit. Eine 50malige Vergrösserung erzeugt auch die Täuschung, als eilte das Blut 50mal schneller dahin.

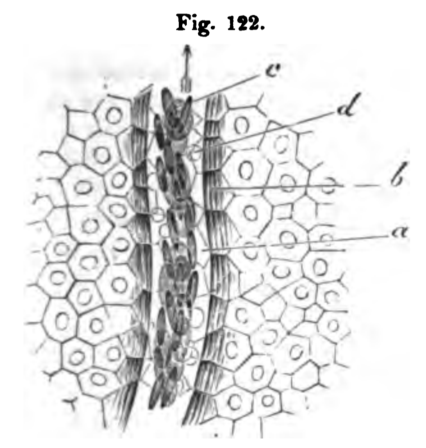
Fig. 121.

Bewegung der Blutkörperchen.

§. 546. Fig. 122 stellt ein Capillargefäss nebst den mit Kernen versehenen, polyedrischen Epithelialzellen der Oberhaut aus der Schwimmhaut des Frosches dar. b bezeichnet die Wand des Haargefässes, c die gefärbten und d die farblosen Blutkörperchen. Der Strom, der von a nach c gerichtet scheint, geht von c nach a, weil die Zeichnung nach dem Bilde des zusammengesetzten Mikroskopes entworfen ist. Man bemerkt hierbei keine der Kammersystole entsprechende pulsatorische Beschleunigung (§. 503), sieht dagegen häufig eine der Enge des Rohres und den Widerständen entsprechende unbewegliche Schicht (§. 464). Ihre Breite wird im All-

gemeinen mit der Kleinheit des Querschnittes des Capillargefässes, der Vergrösserung der Schnelligkeit der Bewegung, der stärkeren Adhäsion des

Fig. 122.



Blutes und den Unebenheiten der inneren Röhrenwand zunehmen. Die gefärbten Blutkörperchen *c* und der grösste Theil der farblosen Gebilde oder der Lymphkörperchen *d* folgen meist dem stärkeren centralen Strome, während die unbewegliche Schicht nur Blutflüssigkeit enthält und aus diesem Grunde beinahe farblos, *a*, Fig. 122, erscheint. Einzelne gefärbte und farblose Blutkörperchen verirren sich hin und wieder in sie. Sie können hier eine kurze Zeit liegen bleiben und der Wand anhaften. Die gefärbten Blutkörperchen schwanken später häufig von einer Seite zur anderen, stellen sich dabei mit ihrer Längenachse schief zur Querachse des Gefässes und werden in der Folge fortgerissen. Die farblosen runden Gebilde *d* rollen nicht selten langsamer längs der Innenfläche des Rohres dahin.

Seröse Gefässe.

§. 547. Einzelne Haargefässe sind so schmal, dass die grossen Blutkörperchen des Frosches mit Mühe durchgehen. Sie enthalten daher gewöhnlich Blutflüssigkeit. Dringt eines der länglich runden Blutkörperchen (Taf. II. Fig. XXIII. *a b*) ein, so sieht man oft, wie es elastisch zusammengedrückt, schmäler und länger wird und in seine alte Form zurückkehrt, sobald es in einen weiteren Raum von Neuem tritt. Die farblosen Blutkörperchen oder die Lymphkörperchen des Blutes (Taf. II. Fig. XXIII. *c*) des Frosches scheinen im Ganzen seltener die dünnsten Haargefässe zu durchsetzen.

Wechsel der Röthe der Haargefässe.

§. 548. Da die gefärbten Blutkörperchen die rothe Farbe des Blutes hauptsächlich bestimmen, so wird ein Haargefäss, das eine starke unbewegliche Schicht besitzt, einen lebhaft rothen Mittelstreifen zeigen. Ist jene dagegen sehr schmal oder enthält sie eine grössere Menge gefärbter Körperchen, so muss die ganze Breite des Rohres geröthet werden. Da nun beide Fälle kurz nach einander in demselben Gefässe, wenn z. B. die Geschwindigkeit der Strömung abnimmt, auftreten können, so hat dieses zu der Täuschung Veranlassung gegeben, dass das Haargefäss plötzlich breiter geworden sei. Die mikrometrische Messung des Querschnittes des Gefässes liefert das sicherste Mittel, diesen Irrthum zu beseitigen.

Fig. 123.

Geschwindigkeit des Capillarblutlaufes.

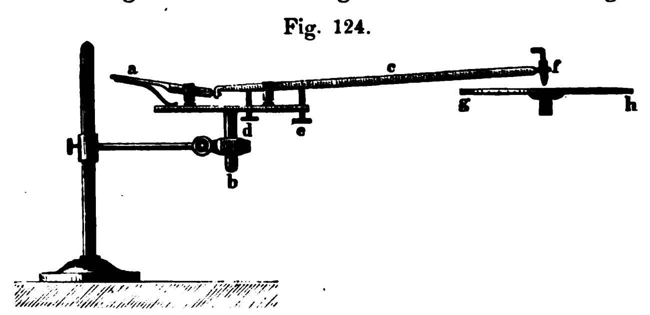
§. 549. Man bestimmt die Geschwindigkeit des Blutlaufes der Capillargefässe mit Hülfe eines in dem Ocular des Mikroskopes befindlichen Faden- oder Glasmikrometers. Gesetzt, *ab* und *c d*, Fig. 123, seien zwei Theilstriche, deren gegenseitige Entfernung *ef* einer bekannten wirklichen Distanz bei der gebrauchten Vergrösserung entspricht, so sucht man an den Schlägen einer Taschenuhr abzuzählen, wie viel Zeit es

kostet, bis ein Blutkörperchen den geradlinigten Weg *ef* durchlaufen hat. Da die Sicherheit der Beobachtung mit der Länge der Zeit zunimmt, so muss man möglichst ausgedehnte Bahnen *ef* und schwache Vergrösserungen (§. 545) gebrauchen.

Graphische Darstellung derselben.

§. 550. Man kann die hier in Betracht kommenden Werthe in graphischen Darstellungen erhalten. Ich gebrauchte hierzu die Fig. 124 abgebildete Vorrichtung.

Fig. 124.



bildete Vorrichtung. Drückt man *a* hinab, so geht auch der Pinselträger *c* hinunter. Die Einstellung der Schrauben *d* und *e* macht es aber möglich, dass nur die Spitze des befeuchteten Pinsels oder der Hipp'schen Feder (§. 536) das Papier, das auf der Scheibe *gh* ausgespannt ist, berührt. *gh* befindet sich auf einer der Achsen des Fig. 99 abgebildeten Uhrwerkes und dreht sich mit einer bekannten Geschwindigkeit, die als gleichförmig für diese Art von Beobachtungen angesehen werden kann. Man drückt nun in *a* nieder, sowie das verfolgte Blutkörperchen bei *e*, Fig. 123, eintritt, und lässt, sobald es *f* erreicht hat, los. Ist die Zwischenzeit kleiner als die Dauer eines ganzen Umganges der Scheibe, so hat der Pinsel einen Bogen *de*, Fig. 125, aufgezeichnet. Da die gesuchte Zeit denselben Bruchtheil der Dauer eines vollen Umganges einnimmt, wie der Bogen *ab* von der Kreisperipherie, so lässt sie sich durch Messung der Grade leicht finden. Die Scheibe *cd* ist, um die Arbeit zu beschleunigen, nicht bloss in 360, sondern auch in Viertelsgrade getheilt. Sie kann genau centrirt auf der Achse des Uhrwerkes befestigt werden. Man zieht nun zwei beliebige Diameter über das Papierblatt, um den Mittelpunkt zu haben, und misst mittelst Radien die Zahl *n* der Grade, welche der Bogen *ab* umspannt. Ist die Dauer eines vollen Umganges *t*, so hat man $\frac{n}{360}$ *t* für die gesuchte Zeitgrösse.

Fig. 125.



Dieses Verfahren schliesst zweierlei Arten von Fehlerquellen, die seine Anwendung beschränken, ein. Die Voraussetzung, dass sich die Scheibe vollkommen gleichförmig dreht und der Niedergang und der Aufgang des Pinselträgers die gleiche Zeit einnehmen, ist streng genommen nicht richtig.

Ein Hauptübelstand liegt aber darin, dass der Anblick des Blutkörperchens und die Bewegung des Fingers um eine gewisse, nicht beständige Zeitgrösse aus einander liegen, weil die Nervenleitung und die Reflexion einen wechselnden Zeitverlust herbeiführen. So viel ich aus meinen Erfahrungen entnehmen kann, drückt dieser Fehler die zu erhaltenden Geschwindigkeiten eher herab als hinauf. Secundenschnelligkeiten von mehr als $^2/_5$ Millimeter eignen sich gar nicht mehr für jenes Verfahren.

Secundengeschwindigkeit des Blutes in den Capillaren.

§. 551. Die älteren von Weber, Volkmann und mir mit gewöhnlichen Taschenuhren gewonnenen Erfahrungen und die auf dem graphischen Wege gemachten Beobachtungen lehrten übereinstimmend, dass das Blut in den Haargefässen langsam dahingeht. Die Secundengeschwindigkeit der rothen Blutkörperchen liegt zwischen $^1/_{10}$ und $^4/_5$ Millimeter. Die gewöhnlichen Durchschnittsgrössen in den Capillaren der Schwimmhaut des Frosches sind $^2/_5$ bis $^1/_2$ und in denen des Schwanzes oder der Kiemen von Frosch- und Tritonlarven und in den Fischembryonen $^1/_5$ bis $^2/_5$ Millimeter. Untergeordnete Unregelmässigkeiten, in welchen ein Blutkörperchen eine Strecke weit auffallend langsamer oder schneller fliesst, kommen häufig vor. Man kann auch ohne weitere Messung wahrnehmen, dass die Blutkörperchen in den kleinsten benachbarten Schlag- und Blutadern rascher dahineilen. Die grösseren Gefässstämme, z. B. die Aorta oder die Hohlader der kleinen Batrachier- und Fischembryonen liefern Geschwindigkeiten, die denen der erwachsenen beträchtlich nachstehen.

Verzögerung des Capillarblutlaufes.

§. 552. Nachbargebilde, wie die sich verkürzenden Muskelfasern oder fremde Körper, die einen grösseren Druck auf einen Capillargefässbezirk ausüben, verzögern den Blutlauf oder heben ihn gänzlich auf. Hat man die Schwimmhaut des Frosches zu sehr ausgespannt, so stockt das Blut in einem grossen Theile der Haargefässe. Eine jede die Widerstände vermehrende Veränderung, wie eine grössere Adhäsion der Blutmasse, eine beträchtliche Verengerung der zuführenden Schlagadern (§. 462), eine geringere Druckwirkung an den Anfangstheilen des Arteriensystemes wird ähnliche Erfolge nach sich ziehen.

Anhäufung der Blutkörperchen.

§. 553. Da die mechanisch suspendirten Blutkörperchen mehr Widerstandsmomente, als die Blutflüssigkeit enthalten, so häufen sie sich mit der Verlangsamung des Kreislaufes in relativ grösserer Menge an und röthen das Gefäss in höherem Grade, indem zugleich die unbewegliche Schicht kleiner wird (§. 546). Es gewinnt daher das Ansehen, als ob sie breiter würden (§. 547). Ein gefässreicher Theil muss dann dem freien Auge röther erscheinen (§. 541).

Stossweise Blutbewegung der Capillaren.

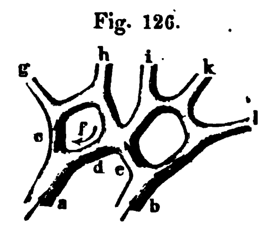
§. 554. Alle Bedingungen, welche die Pulswellen an der Grenze des Schlagadersystemes unmerklich machen, sind Functionen der Geschwindigkeit (§. 485). Die Einflüsse der Reibung, der Krümmungen und der Theilungen wachsen sogar mit den Quadraten und nur die Wirkungen der Adhäsion in dem einfachen Verhältnisse der Schnelligkeit. Jedes Moment, das diese herabsetzt, wird auch die Grenze, bis zu der sich die Pulswellen mit einer endlichen Amplitude fortpflanzen, vorschieben. Es ereignet sich daher bisweilen, dass die pulsatorische Bewegung nicht bloss in den Haargefässen, sondern selbst noch in den Venen auftritt.

§. 555. Die Ursachen, weshalb der continuirliche Blutstrom in den Capillaren pulsatorisch wird, können im Herzen, den Gefässwänden oder in peripherischen Widerständen liegen. Eine kleinere Menge von Blut, die mit jeder Systole ausgegossen wird und einen geringeren systolischen Druck erzeugt, wird von vornherein die Geschwindigkeit herabsetzen. Ruht das absterbende Herz längere Zeit, ehe eine Kammersystole eingreift, so hat sich unterdessen der Spannungsunterschied zwischen den Arterien und den Venen vollständiger ausgeglichen (§. 468). Die Systole muss eine ruhende oder nur noch langsam strömende Flüssigkeitssäule verrücken und deshalb mehr an lebendiger Kraft verlieren. Wächst der Elasticitätscoëfficient durch das Zusammenziehungsvermögen oder die Tonicität der Arterien, so nähern sich diese starren Röhren in höherem Grade und die Stösse pflanzen sich weiter fort (§. 476). Die Verengerung der Querschnitte erhöht zugleich die Reibungswiderstände und die Verzögerung kann um so tiefer eingreifen. Muss endlich eine starrere Blutsäule vorwärts geschoben werden, so liefert sie mehr Widerstände, als eine flüssige. Diese Thatsachen erklären es, weshalb man in sterbenden Thieren oder bei örtlichen Stockungen des Kreislaufes häufig sieht, dass die Blutmasse mit jeder Systole vorwärts geht und nach dem Aufhören derselben stehen bleibt oder selbst noch um die fortgeschrittene Weglänge zurückweicht.

Umkehr der Stromesrichtung.

§. 556. Nebenverhältnisse, die positive oder negative Drucke erzeugen, können die Richtungen der Blutbahnen ändern. Sind *a* und *b*, Fig. 126, zwei zuführende Gefässe eines Capillarbezirkes, so mögen die geraden Pfeile die gewöhnlichen Stromesrichtungen anzeigen. Hat nun eine äussere Druckwirkung den Zufluss von *a* geschlossen, so kann der stärkere Druck, der von *b e* aus thätig ist, einen Theil des Blutes nach *d c* drängen und in die wegsamen Röhren hinübertreiben. Die Flüssigkeit strömt daher jetzt in *d* in der Richtung des gekrümmten Pfeiles *f*. Stockungen des Blutes führen bisweilen zu ähnlichen Veränderungen. Das Gleiche kann aber auch unter einer anderen Bedingung zum Vorschein kommen. Denkt man sich, dass eine starke Exosmose mehr Blutflüssigkeit aus einem Capillargefässe entfernt, als dieses vermöge seiner Elasticität an Lumen gleichzeitig verliert, so muss Blut aus benachbarten Gefässen hinübergesogen werden. Dieses neu hinzutretende Druckmoment kann aber den vorhandenen Druck in einzelnen Haargefässen überbieten und eine Umkehr der Stromesrichtung zur Folge haben.

Fig. 126.



Stase und Entzündung.

§. 557 Chemische Eingriffe, welche die Consistenz der Blutmasse vergrössern, oder lebhaftere Exosmoseerscheinungen, die eine relativ grössere Menge von Blutkörperchen in dem Haargefässe zurücklassen, führen leicht zur Stockung oder Stase, indem sie die Widerstandshöhen vergrössern. Die Temperaturextreme führen zu ähnlichen Erscheinungen, weil die Kälte den Durchfluss durch dünne Röhren erschwert (§. 464) und die Hitze die Flüssigkeit des Blutes vermindert. Der Seitendruck muss dann in den entsprechenden Schlagadern steigen (§. 489). Die Vertheilung kann ihn sogar in dem ganzen Schlagadersysteme bei ausgedehnteren Stockungen

merklich wachsen lassen. Denkt man sich die ruhende Blutsäule eines Haargefässes als eine vorgelegte Scheidewand, so wird der Blutstrom mit mehr als der entsprechenden Grösse der hydrostatischen Druckkraft auf sie wirken, weil die Trägheit seiner bewegten Theilchen nach vorwärts treibt. Wie das Gefässventil eines hydraulischen Widders aus dem gleichen Grunde von Zeit zu Zeit gehoben wird, so kann auch hier die Stockung um so eher aufhören. Die fortwährend sich wiederholenden Stösse drängen oft zunächst Blutflüssigkeit in die ruhende Blutsäule, in welcher die mehr Widerstand darbietenden Blutkörperchen relativ vorherrschen. Die gelockerte Masse geht später vor- und rückwärts. Einzelne an der Grenze liegende Blutkörperchen werden von Zeit zu Zeit durch die Gewalt des benachbarten Stromes plötzlich oder nach einer Reihe von Schwankungen fortgerissen, bis endlich der Rest dem Drange der allgemeinen Strömung folgt und die regelrechten Verhältnisse wiederkehren. Da die Stase die Entzündung begleitet, so können die eben erwähnten Erscheinungen zur automatischen Beseitigung derselben oder der Lyse führen.

Capacität der Venen.

§. 558. Die Blutadern oder Venen nehmen weniger Blut, als die Gesammtsumme der Haargefässe, aus denen sie entstehen, auf. Dieser rückführende Theil der Röhrenleitungen der Kreislaufswerkzeuge besitzt aber eine grössere Capacität, als der zuführende oder das Schlagadersystem, weil mehrere Venen je einer Arterie an vielen Stellen entsprechen, manche Blutadern, wie die grösseren Hautvenen, gar keine arteriellen Parallelstücke haben, die Stämme der Blutadern einen grösseren Querschnitt darbieten und zahlreichere Anastomosen den Rauminhalt vergrössern helfen. Das Venensystem des Menschen soll ungefähr $2^1/_2$ bis 4 mal so viel als die Gesammtmasse der Pulsadern nach den Schätzungen älterer Forscher aufnehmen können.

Rückenkraft des Venenblutes.

§. 559. Da das Venensystem den letzten Abschnitt der Röhrenleitung der Kreislaufswerkzeuge bildet, so zehren die vorangehenden Widerstände einen beträchtlichen Theil der ursprünglichen Druckkraft auf. Der Rest, der das Venenblut dem Herzen zutreibt, heisst die Rückenkraft desselben. Ein Kaninchen z. B., dessen Mitteldruck 104 Mm. Quecksilber für die Carotis gab, zeigte nur 7 Mm. für die gleichzeitige Druckgrösse der äusseren Drosselblutader. 93,2 % waren daher auf den Zwischenwegen aufgebraucht worden. Giebt die Halsschlagader des Hundes 150 Mm., so kann die äussere Jugularvene nur 2 bis 15 Mm. liefern. 90 bis 98 % sind hier zwischen den Anfangstheilen des Schlagader- und den Endbezirken des Blutadersystemes verloren gegangen.

Druckverbrauch in den Capillaren.

§. 560. Der grösste Theil verzehrter Druckkraft fällt auf die Haargefässe, in denen die Summe der Widerstände am beträchtlichsten steigt. Volkmann erhielt z. B. gleichzeitig 146 Mm. Mitteldruck für die Fussschlagader des Kalbes und 27,5 für die Fussblutader, 165,5 Mm. für die Carotis und 9 Mm. für die äussere Drosselvene. Während $94^1/_2$ % für den ganzen Weg von dem Anfangsbezirke des Schlagadersystemes bis zur Endgegend der venösen Röhrenleitungen verloren gegangen waren, hatten die feineren Verzweigungen, die zwischen einem zu- und einem rückführenden Stamme des Fusses lagen, mehr als 74 % aufgebraucht. Der

Druckunterschied der Carotis und der Fussschlagader dagegen erreichte nicht 12 % der Spannungsgrösse der Halsarterie.

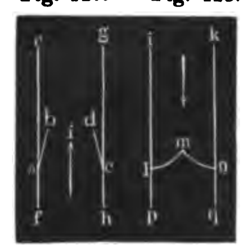
Ungleiche Drucke in den Venen.

§. 561. Die Haargefässe der verschiedenen Körpertheile liefern ungleiche Widerstandshöhen, weil die absolute Menge der Röhren, die Querschnitte, die Krümmungen, die Theilungen, die Anastomosen und vielleicht die Adhäsion und die Reibung für jeden Bezirk in eigenthümlicher Weise abweichen (Taf. VI. Fig. LXXXI. bis XCIV). Rechnet man nun noch dazu, dass dieselben Bedingungsglieder in den verschiedenen zu- und abführenden Leitungen oder den entsprechenden Arterien und Venen bedeutend wechseln, so erhellt von selbst, dass die Grösse des Seitendruckes in den mannigfachen Venen unmöglich gleich bleiben kann. Da aber die absoluten Druckhöhen kleiner als in den Schlagadern ausfallen, so werden die Differenzen einen grösseren Bruchtheil des Gesammtwerthes in Anspruch nehmen.

Venenklappen.

§. 562. Die schwachen Rückenkräfte des Venenblutes würden Störungen des Blutlaufes durch äussere Belastungsdrucke, wie sie die Verkürzung benachbarter Muskeln oder fremde beschwerende Körper liefern, mit Leichtigkeit gestatten, wenn nicht die an den Eintrittsstellen der Zweige oder in dem Verlaufe der grösseren Stämme angebrachten Klappen zweckmässige Sicherheitsapparate bildeten und die häufigen Anastomosen zahlreiche Ableitungsbahnen lieferten. Die Mechanik der Ventile stimmt im Wesentlichen mit der der ähnlich gebauten Saugaderklappen (§. 376).

Fig. 127. Fig. 128.



Ihre Taschen *eab* und *gcd* sind nach dem Herzen zu offen. Der centripetale Venenstrom drückt sie daher an die Wände *ef* und *gh*, Fig. 127, während sie der centrifugale Rückfluss, wie *lmn*, Fig. 128, schliesst. Das Blut kann daher nicht in die Zweige zurücktreten. Man findet häufig zwei oder drei Klappen. Manche Stellen enthalten auch nur eine Tasche, die je nach den Oertlichkeitsverhältnissen vollkommen oder unvollständig abschliesst.

§. 563. Der Umstand, dass das Blut vieler Venen in einer der Schwere entgegengesetzten Bahn bewegt wird, darf nicht als Ursache der Ventilation betrachtet werden. Man kann sich jede Arterie und die ihr entsprechende Vene als eine zweischenkelige Röhre denken. Die aufsteigende Bewegung der in dem einen Schenkel enthaltenen Flüssigkeit wird hier von der Schwere nicht beeinträchtigt, weil ihr die Wirkung des in dem absteigenden Schenkel enthaltenen Fluidums in der Gleichgewichtslage der Ruhe und in jedem Zeittheilchen der Bewegung entgegenarbeitet. Die Verbreitung der Klappen bestätigt übrigens diese theoretische Auffassung. Wir finden z. B. Ventile in den Drosselblutadern, in denen das Blut in der Schwererichtung strömt. Die Druckwirkungen, welche die benachbarten Muskeln bei ihrer Verkürzung und der hiermit verbundenen Querschnittsvergrösserung ausüben, erklären ihr Vorkommen.

Die kleinsten Venen besitzen keine Klappenbildungen. Man vermisst sie auch in den Lungenvenen, der oberen und der unteren Hohlvene, dem Stamme und den Ursprungszweigen der Pfortader und den inneren Venen

geschützterer Theile, wie des Gehirns und Rückenmarkes, der Lungen, der Leber, der Nieren, der Gebärmutter, der Knochen.

§. 564. Die geringe Rückenkraft und die beträchtliche Querschnittsgrösse des Flussbettes (§. 558) lassen im Allgemeinen das Venenblut langsamer, als das Schlagaderblut fliessen. Da aber die Stämme der Blutadern einen kleineren Querschnitt als die Summe ihrer Zweige besitzen und die Strömung von diesen nach jenen geht, so wird die Geschwindigkeit des Venenblutes nach den Vorhöfen hin zunehmen. Tiefe Einathmungen können noch den Lauf desselben in den Endbezirken, wie wir sehen werden, beschleunigen.

Geschwindigkeit des Venenblutes.

§. 565. Volkmann erhielt 225 Mm. für die Secundengeschwindigkeit, als er seinen Schnelligkeitsmesser (§. 526) in die Drosselader eines Hundes eingeschaltet hatte. Diese Grösse übertrifft den Minimalwerth, den die Carotis darbot (§. 528). 225 Mm. entsprechen einer Geschwindigkeitshöhe von 2,58 Mm. Blut- (§. 458) oder 0,19 Mm. Quecksilberdruck (§. 490). Lässt man die Athmungseinflüsse unberücksichtigt, so kann man den Seitendruck der Jugularis zu mindestens 2 Mm. Quecksilber anschlagen (§. 559). Man sieht hieraus, dass die Geschwindigkeitshöhe immer nur noch $^1/_{10}$ der Widerstandshöhe an diesem Endbezirke des Venensystemes betragen würde.

§. 566. Die von geringen Druckkräften geleitete langsame Strömung des in den mittelgrossen Venenstämmen enthaltenen Blutes und die unvollkommnere Elasticität der Gefässwände erleichtern die stärkere Anfüllung unter äusseren vorliegenden Drucken. Das häufige Vorkommen von bauchigten Ausdehnungen, von Blutaderknoten oder Varicen, z. B. an den unteren Extremitäten Schwangerer oder von goldenen Adern, Hämorrhoiden in den untersten Mastdarmvenen, erklärt sich aus diesem Verhältnisse. Man begreift hiernach auch, weshalb sich oft einzelne Blutadern mit stockendem Blute füllen und kalkige Abscheidungen, sogenannte Venensteine in den Venen, z. B. der inneren Geschlechtswerkzeuge oder des Beckens überhaupt nicht selten vorkommen.

Blutaderknoten.

§. 567. Wir haben schon §. 554 gesehen, weshalb sich die systolische Welle über ihre gewöhnlichen Grenzen hin und wieder verbreitet und daher auch als Venenpuls zum Vorschein kommt. Man will bemerkt haben, dass einzelne Venen des Handrückens, wie die Salvatella, klopften, ohne dass sich die Abnormität weiter erstreckte. Solche Fälle sind noch zu wenig wissenschaftlich untersucht, als dass sich über ihre Bedingungsglieder mit Sicherheit urtheilen liesse. Coccius fand häufig mittelst des später zu erläuternden Augenspiegels, dass die Centralvenen, nicht aber die Centralarterie der Netzhaut des Menschen dem Pulse entsprechend stärker entleert und unmittelbar darauf beträchtlicher gefüllt wurden. Da der Augapfel eine hermetisch geschlossene und mit fast incompressiblen Massen prall gefüllte feste Blase bildet, so verdrängt das mit der Systole einströmende Blut einen Theil des Venenblutes. Sind aber die Arterien so schmal, dass man ihre Wellenamplitude nicht bemerkt, so können die breiteren und nachgiebigeren Venen die Schwankungen vielleicht eher dem Blicke verrathen.

Venenpuls.

Entleerte Venen.

§. 568. Während die vollkommene Elasticität der Wände die entleerten Arterien offen erhält, fallen die Venen unter den gleichen Verhältnissen zusammen. Eine Arterie dehnt sich unter dem Einflusse eines bestimmten Druckes weniger als eine Vene von gleicher Wanddicke und gleichem Querschnitte.

Muskelfasern der Venen.

§. 569. Die mikroskopische Untersuchung hat glatte Muskelfasern (Taf. IV. Fig. LX.) in den Venenwänden nachgewiesen. Die elektrischen Erregungen des Magnetelektromotors erzeugen deutliche Einschnürungen oder Verengerungen grösserer Röhrenstrecken. Die Endstücke der Hohladern und der Lungenvenen pulsiren bisweilen in frisch getödteten Säugethieren während der Ruhe des Herzens. Hatte Stannius den rechten Vorhof des Froschherzens in der Nähe der Einmündungsstelle des Hohlvenensackes unterbunden, so zeigte sich häufig nach grösseren Blutverlusten, dass sich das ganze untere Hohladersystem und vorzüglich die rückführenden Nierenblutadern rhythmisch zusammenzogen. Blieb endlich die Bewegung in den überfüllten Hohlvenenstämmen aus, so fingen sie wieder zu schlagen an, nachdem man eine gewisse Menge von Blut durch einen Einstich entleert hatte.

Die Ruhe, in der sich die Venen des Menschen und der Säugethiere befinden, wenn nicht die Athmungseinflüsse verändernd eingreifen können, zeigt an, dass hier keine ähnlichen Pulsationen vorkommen. Die Muskelfasern wirken wahrscheinlich nur, wie die der Arterien (§. 532). Sie werden die stark gefüllten Venen allmälig entleeren, eine übermässige Flüssigkeitsaufnahme beschränken und die Capacität für längere Zeitabschnitte verkleinern können.

Pfortaderkreislauf.

§. 570. Die Pfortader (*Vena portarum*, *m*, Fig. 129) des Menschen und der Säugethiere bietet einen eigenthümlichen, von dem der übrigen Venen wesentlich abweichenden Verlauf dar. Sie mündet nicht unmittelbar in einen Venenstamm, der geraden Weges zum Vorhof zurückführt. Sie verzweigt sich vielmehr in der Leber *f* arterienartig, nimmt hier noch die Venen der Gallenblase *p* auf und verbindet sich zuletzt in ihren feinsten Verästelungen mit denen der Leberarterie, ehe sie in das Haargefässsystem der Leber übergeht. Jede kleinste Leberabtheilung oder jedes Leberkorn (*Acinus*) wird von mehreren zuführenden Venen (*Venae interlobulares*, Taf. VI. Fig. XCIV.), die sich von der Pfortader oder der Leberschlagader aus füllen lassen, umkränzt. Die aus ihnen entstehenden Hauptstämmchen der Capillaren laufen strahlig nach der Mitte zusammen. Sie senken sich in einen Centralstamm (*Vena intralobularis*), der eine der vielen Anfangswurzeln der

Fig. 129

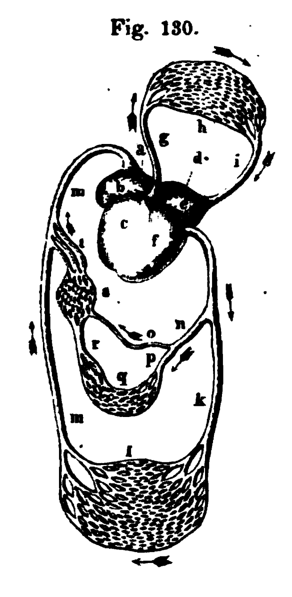


das Blut wieder hinwegführenden Lebervenen bildet. Es strömt dann in die untere Hohlvene *l* und von da zum rechten Vorhofe *c*.

Die Pfortader *m* bildet den Hauptstamm aller Venen, die aus dem Magen, den dünnen und den dicken Gedärmen, der Milz und der Bauchspeicheldrüse zurückkehren. Ihr linker Ast vereinigt sich noch im Fötus mit der Nabelvene *g*, die erfrischtes Blut aus dem Mutterkuchen zuführt und einen grossen Theil desselben durch den Gang des Arantius *k* an die untere Hohlvene *l* unmittelbar abgiebt.

§. 571. Stellen wir uns die Eigenthümlichkeiten des Pfortaderkreislaufes schematisch dar, so sei *a*, Fig. 130, der Vorhofsinus, *b* das Herzohr und *c* die Kammer der rechten Herzhälfte, während *d*, *e* und *f* die gleiche Bedeutung für die linke haben. Ein Bluttheilchen, das aus dem rechten Ventrikel *c* nach der Lungenschlagader *g* strömt, muss die Athmungscapillaren der Lungen *h* durchsetzen, ehe es zum linken Vorhofe *de* durch die Lungenvenen *i* zurückkehren kann. Etwas Aehnliches wiederholt sich für alle Gefässbezirke, die zwischen der Aorta *k* und der oberen Hohlvene liegen, und die meisten, die sich zwischen jener und der unteren Hohlader *m* hinziehen. Die erwähnten Verhältnisse der Pfortader dagegen führen zu einem wesentlichen Unterschiede.

Fig. 130.



Denkt man sich in *p* die Gesammtsumme der Aortenzweige, die den Nahrungscanal vom Magen bis zum Mastdarme, die Milz und die Bauchspeicheldrüse (*Arteriae coeliaca*, *mesaraicae superior* und *inferior* und zum Theil *hypogastrica*) versorgen, und in *q* die Haargefässe derselben, so treten die letzteren zu den Wurzeln der Pfortader zusammen. Der einfache Hauptstamm derselben *r* verzweigt sich aber, wie erwähnt, in der Leber, nimmt die Blutadern der Gallenblase und später die Endreiser der Leberarterie *o* auf und bildet das Haargefässsystem *s* der Leberkörner. Die Leberblutadern *t*, die sich in die untere Hohlvene *m* ergiessen, entstehen aus jenem Haargefässsysteme, das eine vorherrschende Menge von Venenblut aufnimmt. Arterielles Blut strömt dagegen in alle übrigen Körpercapillaren ein.

Ein Bluttheilchen, welches in die in der Bauch- und der Beckenhöhle enthaltenen Schlagadern des Magens, der dünnen oder der dicken Gedärme, der Milz oder der Bauchspeicheldrüse gelangt, muss zwei Capillargefässsysteme *q* und *s* durchsetzen, ehe es durch die untere Hohlvene *m* zum Herzen zurückkehrt. Wir werden in der Athmungslehre sehen, dass sich etwas Aehnliches in unseren Lungen wiederholt.

§. 572. Man findet in den niederen Wirbelthieren und vorzugsweise in den Fischen zahlreiche Beispiele, in denen der Druckunterschied der Arterien und der Venen und die systolische Druckverstärkung hinreichen,

das Blut durch mehr als zwei Haargefässsysteme ohne weitere Nebenhilfe zu treiben. Diese ist daher auch für das Pfortadersystem der höheren Geschöpfe keineswegs nöthig. Wir werden übrigens später kennen lernen, dass die Einflüsse, welche die tiefe Einathmung auf den Venenblutlauf ausübt, den centripetalen Durchtritt des Blutes durch die Lebercapillaren begünstigen, weil die dann stattfindende Aspiration auf die Lebervenen nachdrücklich wirkt und diese ihre Querschnitte bei ihrer festen Einbettung in der Lebermasse nicht ändern. Der schädliche Druck, den die starke Ausathmung erzeugen könnte, findet seine hinreichende Gegenwirkung in der gleichzeitigen Verkürzung der Bauchmuskeln.

Die Anordnung, dass alle Wurzeln des Pfortadersystemes zu einem Hauptstamme, *m*, Fig. 130, zusammentreten, muss zunächst das Pfortaderblut mit einer verhältnissmässig bedeutenderen Geschwindigkeit in die Leber strömen lassen. Da aber die beträchtlichere Geschwindigkeitshöhe von der Verengerung des Querschnittes herrührt, so wird örtlich an Kraftsumme gewonnen und der Durchgang durch die ferneren Verzweigungen erleichtert. Ein grösseres Quantum von Geschwindigkeitshöhe kann als Widerstandshöhe verbraucht werden, ohne dass die Schnelligkeit auf Null hinabgeht oder überhaupt allzuklein wird. Das Blut der feinsten Verzweigungen der Leberarterie tritt in die der Pfortader über. Es ergiebt sich von selbst, dass auch hier der stärkere arterielle Druck seine Oberherrschaft behauptet. Er wird zu dem leichteren Durchgange durch die Capillaren das Seinige beitragen.

Verbindung beider Hohladersysteme.

§. 573. Die obere Hohlader (*h*, Fig. 56 S. 114) führt im Allgemeinen das Blut des Kopfes, des Halses und der Arme, und die untere (*g*, Fig. 56, *no*, Fig. 55) das des Unterleibes und der Beine zum Herzen zurück. Die rechte unpaare, die halbunpaarige und die linke unpaarige Vene (*Venae azygos* und *hemiazygea*) stellen eine Verbindung zwischen den beiden Hohladern her. Dieses System von Blutgefässen wurzelt in den Lendenvenen. Es verbindet sich mit Zweigen der Nierenblutadern und der unteren Hohlader und nimmt später die Zwischenrippenvenen, die Blutadern des Zwerchfelles, des Brusttheiles der Speiseröhre und der Luftröhre auf. Der Endstamm mündet in die obere Hohlader (*q*, Fig. 55). Ist auch die untere Hohlvene regelwidrigerweise geschlossen, so bleibt immer noch eine Abzugsbahn nach dem Herzen durch das System der unpaaren Venen. Eine andere Verbindung ist durch die Wirbelvenen möglich gemacht. Die Kranzvenen des Herzens liegen ausserhalb des Bereiches der beiden Hohladern.

Relative Blutmenge.

§. 574. Allgemeine Kreislaufsverhältnisse. — Die Gesammtmasse des Blutes wechselt nicht nur mit der Verschiedenheit der Individuen, sondern auch mit der gegenseitigen Beziehung der zur Prüfungszeit aufgenommenen und abgeschiedenen Verbindungen. Man muss für sie eine von diesen schwankenden Grössen unabhängige Zahl zu erhalten suchen, um vergleichbare Werthe zu besitzen. Man pflegt zu diesem Zwecke die Blutmenge als einen Bruchtheil des Körpergewichtes auszudrücken.

§. 575. Dieses Verfahren liefert nur annähernde Grössen, die bedeutende Fehlerquellen in manchen Fällen einschliessen. Das Körpergewicht, wie es unmittelbar gefunden wird, oder das Bruttogewicht entspricht nicht bloss der Masse der Organe, sondern auch der des Inhaltes des Nahrungscanales, des noch in dem Thiere zurückgebliebenen Harnes und anderer zur Ausscheidung bestimmter Absonderungen. Die Speisereste der Pflanzenfresser nehmen häufig beträchtliche Grössen in Anspruch. Ein Kaninchen, das 1050 Grm. wog, führte z. B. 243 Grm. oder beinahe $^1/_4$ seines Körpergewichtes an Futterstoffen. Ein Pferd, das längere Zeit gefastet hatte, trug 35 Kilogr. Kothmassen mit sich. Wollte man hiernach das reine Körpergewicht oder das Nettogewicht bestimmen, so hätte man immer noch keine absolut vergleichbaren Werthe für verschiedene Thiere, weil die Blutmassen derselben mit der relativen Entwickelung der einzelnen Organtheile wechseln. Ein Thier, das mehr Fett besitzt oder dessen Horngewebe stärker ausgebildet sind, wird verhältnissmässig weniger Blut als ein anderes sehr muskulöses Geschöpf der gleichen Art einschliessen.

Schwankungen der Blutmenge.

§. 576. Das einfachste Mittel, die Blutmenge zu bestimmen, scheint auf den ersten Blick in dem Verblutungstode gegeben zu sein. Man erhält aber hier immer nur einen kleinen Bruchtheil der gesammten Blutmasse, weil die früh eintretende Lähmung des centralen Nervensystems den Herzschlag verhältnissmässig rasch aufhebt. Die reichlicheren Wassermengen, die während des Aderlasses in das Blut treten, können das Missverhältniss nicht aufheben.

Blutabgang vor dem Tode.

§. 577. Man hat versucht, die einzelnen Theile eines verbluteten Thieres anhaltend zu klopfen und die hierbei gewonnenen Flüssigkeitsmengen zu dem ausgetretenen Blute hinzuzurechnen. Dieses Verfahren schliesst dreierlei Fehlerquellen von ungleicher Bedeutung in sich. Das Blut wird während des Verblutungstodes wässeriger. Das Klopfen entfernt eine gewisse Menge von Ernährungsflüssigkeit. Während diese beiden Momente zu hohe Blutzahlen geben müssten, lehrt die Erfahrung das Gegentheil. Der Grund hiervon liegt darin, dass immer noch viele Blutkörperchen trotz des anhaltendsten Klopfens in den Capillaren zurückbleiben. Die mikroskopische Untersuchung kann hierüber am ehesten belehren. Hering erhielt nur $^1/_{10}$ bis $^1/_{15}$ des Körpergewichtes für die Blutmasse des Pferdes, wenn er jenes Verfahren in Anwendung zog.

Bestimmung der Blutmenge.

§. 578. Manche Forscher glaubten die Frage durch vollständige Einspritzungen des Gefässsystemes erledigen zu können. Das absolute und das specifische Gewicht der gebrauchten Injectionsmasse und die Eigenschwere des Blutes liefern hier die Grundwerthe, aus denen sich die absolute Menge des Blutes scheinbar bestimmen lässt. Man erhält aber wiederum zu kleine Grössen, weil selbst Einspritzungsmassen, die man kalt gebrauchen kann, viele Gefässe in den glücklichsten Fällen leer lassen. Ed. Weber fand 5 bis 7 Kilogr. Blut für den menschlichen Körper. Ein Gebärmutterblutfluss kann grössere Quantitäten entleeren, ohne dass der Tod nothwendigerweise nachfolgt.

§. 579. Ed. Weber und Lehmann wogen einen zur Enthauptung verurtheilten Menschen vor und nach der Execution. Der Gewichtsunterschied wurde auf die Menge des ausgelaufenen Blutes bezogen. Nun trie-

ben sie Wasser von den Arterien nach den Venen so lange durch, bis es nur gelblich oder blassröthlich austrat, bestimmten die absolute Menge und den procentigen festen Rückstand desselben und berechneten hieraus die noch zurückgebliebene Blutmenge. Das Wasser wird nicht bloss das Blut fortgespült, sondern noch andere Verbindungen endosmotisch aufgenommen haben. Obgleich diese Fehlerquelle die gefundene Blutmenge vergrössern sollte, so ergaben sich doch nur 7,5 Kilogr. Blut für 60 Kilogr. Körpergewicht oder $^1/_8$ des letzteren. Man darf daher vermuthen, dass noch viele feinere Gefässe auch bei dieser Art von Einspritzung ungereinigt bleiben oder Wasser exosmotisch ausgetreten ist.

§. 580. Man kann sich eines indirecten Annäherungsverfahrens bedienen, dessen Princip sich an einem aus der unorganischen Natur genommenen Beispiele am einfachsten erläutern lässt. Gesetzt, wir hätten eine unbekannte absolute Gewichtsmenge einer wässerigen Kochsalzlösung, wir bestimmen den procentigen Salzgehalt einer ihrem Gewichte nach gekannten Probe, verdünnen das Ganze mit einer gegebenen absoluten Gewichtsmenge von Wasser und ermitteln den Procentgehalt des festen Rückstandes der veränderten Lösung, so reichen diese Werthe hin, die ursprünglich vorhanden gewesene absolute Menge zu bestimmen. Man wiederholt dieses Verfahren am lebenden Thiere, wenn man den festen Rückstand des Blutes nach einer ersten Aderlassprobe aufsucht, eine bekannte Menge Blutes in eine Drosselvene centripetal spritzt und eine zweite Aderlassprobe nach einigen Minuten wegnimmt, um die procentige Menge der festen Bestandtheile derselben kennen zu lernen.

§. 581. Die hierbei möglichen Fehlerquellen enthalten verschiedenartige Einflussgrössen. Ist die Menge des ersten Aderlasses verhältnissmässig gering, so wird hierdurch das Blut kein störendes Quantum von Wasser aus der Ernährungsflüssigkeit aufnehmen (§. 576). Die hygroskopische Beschaffenheit des festen Blutrückstandes macht zwar eine ganz genaue Bestimmung des Procentgehaltes der fixen Verbindungen unmöglich. Der Fehler kann aber durch sorgfältige Bestimmungen beträchtlich verkleinert werden. Er kehrt übrigens auch für den zweiten Aderlass wieder. Wartet man einige Minuten, so hat sich das eingespritzte Wasser mit dem Blute gleichförmig gemischt. Das der Drosselvene und der Schenkelblutader z. B. lieferten Unterschiede der Procentwerthe, wie sie bei dem Trocknen zweier Proben desselben Blutes vorkommen. Die Ausscheidungen können durchgreifendere Störungen herbeiführen. Das Blut verliert eine gewisse Menge von Wasserdämpfen durch die Lungen und die Hautausdünstung und tropfbar flüssiges Wasser in den Absonderungswerkzeugen, vorzüglich in den Nieren, ehe der zweite Aderlass entnommen wird. Dieser wird einen verhältnissmässig grösseren festen Rückstand geben und die gefundene Blutmenge in fehlerhafter Weise erhöhen. Die Wassereinspritzung soll auch den Salzgehalt des Blutes, nach Ludwig und Kierulf, vergrössern und in gleichem Sinne stärker eingreifen können.

§. 582. Man hat den Einfluss dieser Fehlerquellen häufig überschätzt. Spritzt man Wasser in die Aorta eines mehrere Tage alten menschlichen Leichnams, so sintert viel Flüssigkeit durch die schon in Fäulniss übergegangenen Wände der kleineren Gefässe durch, so dass die benachbarten

Gewebtheile wassersüchtig werden. Man kann das Gleiche durch die Einführung grosser Wassermengen in kranke oder schwache lebende Thiere erzeugen. Der Versuch, die Blutmenge zu berechnen, wird dann eben so gut verunglückt sein, als wenn man z. B. eine beträchtliche Wasserquantität in kleinen Absätzen während längerer Zeit in die Jugularis des Pferdes treibt und das Thier indessen viel Flüssigkeit durch Schweiss und Urin verliert. Mässigere Wassermengen werden von den Gefässröhren des lebenden Thieres zäher, als man es erwarten sollte, zurückgehalten. Die Vergrösserung des Salzgehaltes des Blutes fehlt oft und übt auch sonst keinen bedeutenden Einfluss auf das Endergebniss der Bestimmung aus. Man könnte übrigens die meisten Fehlerquellen wahrscheinlicher Weise verkleinern, wenn man Wasser, das fein zertheilten schwefelsauren Baryt enthält, einspritzte und den Baryt in dem zweiten Aderlassblute aufsuchte.

Relative Blutgrösse.

§. 583. Beobachtungen, die an Hunden, Katzen, Kaninchen und einem Schafe angestellt wurden, lieferten 1 : 4,08 bis 1 : 6,32 als Verhältniss des Blutgewichtes zum Körpergewichte. Zieht man die in dem Nahrungscanale enthaltenen Speisereste und Kothmassen ab, so muss natürlich die relative Grösse noch beträchtlicher für das Blut ausfallen. Die Pflanzenfresser lieferten durchschnittlich kleinere Grössen, als die Fleischfresser. Man wird daher die mittlere Blutmenge nicht überschätzen, wenn man sie zu $^1/_5$ des Körpergewichtes anschlägt. Ein Mensch von 60 Kilogr. würde hiernach im Durchschnitt 12 Kilogr. Blut besitzen. Wrisberg sammelte 24 Pfund aus einer enthaupteten Frau und sah 26 Pfund durch einen Gebärmutterblutfluss abgehen.

Blutmenge der einzelnen Organe.

§. 584. Die Blutmasse der einzelnen Organe wird nicht immer dieselben Bruchtheile der Gewichte derselben in Anspruch nehmen, weil die Capacitäten und die Gesammtsumme der Gefässe im Verhältniss zu dem Rauminhalte der mannigfachen, mit ungleichen specifischen Gewichten versehenen Körpertheile in hohem Grade schwanken. Ein Verfahren, diese Beziehungen mit Sicherheit zu verfolgen, ist bis jetzt noch nicht gefunden worden.

Herzkraft.

§. 585. Man hat sich mit der Frage, wie gross die Herzkraft sei, mehrfach beschäftigt, dem Problem selbst aber ganz verschiedene Auffassungen zum Grunde gelegt. Poiseuille und seine Nachfolger wollten die absolute Druckkraft bestimmen, welche nöthig ist, damit die Blutsäule des Anfanges des Aortensystemes mit ihrer wirklichen mittleren Geschwindigkeit fortgestossen werde. Vierordt dagegen fasste die mechanische Leistungsfähigkeit des Herzens ins Auge und suchte sie in der gewöhnlichen Form als Aequivalente einer bestimmten Last, die in einer Secunde um eine gewisse Höhe gehoben wird, oder in Kilogramm-Metern auszudrücken. Die Schätzungen älterer Forscher gingen zum Theil von rein willkürlichen Annahmen aus.

Menge der Pulsschläge.

§. 586. Die Zahl der Herzschläge hängt von so vielen Nebenverhältnissen ab, dass meist die gesetzlichen Normen, die in einer Richtung durchgreifen, von den Störungen anderer gleichzeitig wirkender Bedingungen in hohem Grade verhüllt werden. Manche Regeln lassen sich schon durch den Vergleich weniger Fälle nachweisen. Andere dagegen

können erst aus grösseren Beobachtungsreihen mittelst statistischer Durchschnittsgrössen (§. 29) gewonnen werden.

Verhältniss zur Körperlänge.

§. 587. **Rameaux** und **Serrus** suchten aus den von **Quetelet** gegebenen Tabellen nachzuweisen, dass sich die mittleren Zahlen der einer Minute entsprechenden Pulsschläge umgekehrt, wie die Quadratwurzeln der durchschnittlichen Körperlängen verhalten. Da aber die fünften Potenzen von diesen mit den Quadraten der Körpergewichte nahebei gleichförmig wachsen, so würden sich hiernach die Quadrate der Körpergewichte entgegengesetzt wie die zehnten Potenzen der Pulsschläge verändern. **Volkmann** findet nach seinen vergleichenden Untersuchungen, dass die Häufigkeit der Pulse umgekehrt, wie die $^5/_9$ Potenzen der Körperlängen auf- und niedergehen. Die blosse Körpergrösse ist übrigens höchstens ein entferntes, nicht aber ein unmittelbares und directes Bestimmungsglied der einer Zeiteinheit entsprechenden Menge von Herzschlägen. Alle Bemühungen, sie den Berechnungen zum Grunde zu legen, haben daher nur einen bedingten Werth.

Verhältniss zum Lebensalter.

§. 588. Die Nabelschnur des eben geborenen Kindes schlägt gewöhnlich 130 bis 144 Mal in der Minute. Man hat also ungefähr das Doppelte von dem Werthe des Erwachsenen. Frühere Forscher liessen häufig die Menge der Pulsschläge im Greisenalter merklich abnehmen. Die in Pfründnerhäusern angestellten Beobachtungen haben diese Ansicht zurückgewiesen. Man stösst sogar in der Regel auf höhere Durchschnittsgrössen in späteren als in mittleren Lebensjahren. Der 20- bis 50jährige Mensch pflegt 70 Schläge in der Minute darzubieten. Greise von 70 bis 90 Jahren haben im Mittel zu 72 bis 73 geführt. Die häufigere Kränklichkeit sehr alter Leute erschwert aber die sichere Beurtheilung in hohem Grade.

§. 589. Legt man die Uebersichtstabelle, die **Volkmann** nach den Erfahrungen von **Guy** und **Nitzsch**, sowie nach eigenen Beobachtungen entworfen hat und die häufig etwas höhere Mittel enthält, zum Grunde, so findet man:

Lebensjahr.	Zahl der Pulsschläge für eine Minute.			Zahl der Fälle.
	Maximum.	Minimum.	Mittel.	
0 bis 1	160	101	134	59
1 bis 2	136	84	110,6	33
2 bis 3	134	84	108	48
5 bis 6	128	70	98	56
10 bis 11	106	56	87	73
15 bis 16	112	66	83	77
20 bis 21	99	59	71	67
30 bis 35	104	58	72	125
40 bis 45	104	50	72	105
50 bis 55	94	52	72	42
60 bis 65	100	54	73	60
70 bis 75	104	54	75	44
80 und mehr.	98	63	79	31

Die durchschnittliche Menge der Pulsschläge würde hiernach bis gegen das Ende des zweiten Jahrzehends sinken, dann fast stetig bleiben und nur in höheren Jahren wachsen. Ausnahmsfälle, die von den angeführten Grenzwerthen wesentlich abweichen, kommen hin und wieder vor. Guy kannte einen gesunden Mann, der nur 38, und Fordyce einen Menschen, der 20 Pulsschläge in der Minute darbot. Gesunde Personen mit verhältnissmässig beschleunigtem Pulse werden häufig gefunden. Man muss übrigens in solchen Fällen nicht vergessen, dass schon die Gemüthsbewegung, die das Pulsfühlen wie jedes andere Examen zu begleiten pflegt, einen merklichen Einfluss auf die gefundenen Grössen ausüben kann.

Einfluss anderer Nebenbedingungen.

§. 590. Das Herz der Frau klopft durchschnittlich häufiger als das eines gleich grossen Mannes. Der Schlaf und die Ruhe überhaupt vermindern die Zahl der Pulsschläge. Der Genuss und die Verdauung kräftiger Nahrungsmittel, geistige Aufregungen, Muskelbewegungen und eine grössere Hitze vermehren die Pulsfrequenz. Ein geringerer Luftdruck soll den gleichen Einfluss ausüben. Das Fasten, geistige oder körperliche Trägheit und niederdrückende Gemüthsaffecte können die Pulsfrequenz herabsetzen.

§. 591. Sträflinge, die nur Pflanzenkost geniessen, haben, nach Volkmann, geringere Durchschnittsgrössen als besser genährte Personen von gleicher Körperlänge. Bier oder Wein setzt die Pulsfrequenz, nach Lichtenfels und Fröhlich, im Anfange herab. Sie geht aber später in die Höhe. Belladonna und Atropin führen, nach ihnen, zu einer primären Abnahme und einer secundären Steigung, während Opium die entgegengesetzten Schwankungen nach sich zieht. Die blosse Anspannung der Muskeln ändert den Puls nur unbedeutend. Kräftige Wechselbewegungen dagegen machen ihn häufiger. Man findet meist noch grössere Zahlenwerthe während des Ausruhens des ermüdeten Menschen. Der Puls geht verhältnissmässig am langsamsten bei dem Liegen. Er wird rascher bei dem Sitzen und noch schneller bei dem Stehen. Dieser Unterschied kehrt, nach Guy, in ähnlicher Weise wieder, wenn man die Person an ein Brett bindet und das Ganze abwechselnd wagerecht oder senkrecht stellt.

§. 592. Viele Eingriffe, die den Pulsschlag ändern, lassen ihn häufig über und unter der Normalzahl abwechselnd schwanken. Rechnet man nun noch hinzu, dass er sich durch jede Aufregung leicht ändert, so ergiebt sich, dass selbst grosse Beobachtungsreihen ziemlich weite Fehlergrenzen der Mittelwerthe gestatten und alle zu sehr ins Einzelne gehende Folgerungen, die auf kleinen Unterschieden fussen, zweifelhaft bleiben.

Dauer der Herzschläge und der Athemzüge.

§. 593. Man kann als Regel annehmen, dass drei bis vier Herzschläge auf einen Athemzug kommen. Das Kind sowohl als der Erwachsene pflegen 3,0 bis 3,8 als Durchschnittsgrössen zu liefern. Quetelet berechnete jedoch auch 4,4 für das Alter von 25 bis 30 und Guy 4,2 bis 4,3 für das von 75 bis 85 Jahren.

Einfluss der künstlichen Athmung.

§. 594. Die Athmung und die Herzbewegung stehen in inniger Wechselbeziehung. Ruht der Herzschlag in einem frisch getödteten Thiere, so kann man ihn von Neuem erwecken, wenn man Luft von der Luftröhre aus einbläst und wiederum zurücksaugt. Diese künstliche Athmung, die man am besten mit einem geeigneten Blasebalge, im Nothfalle aber

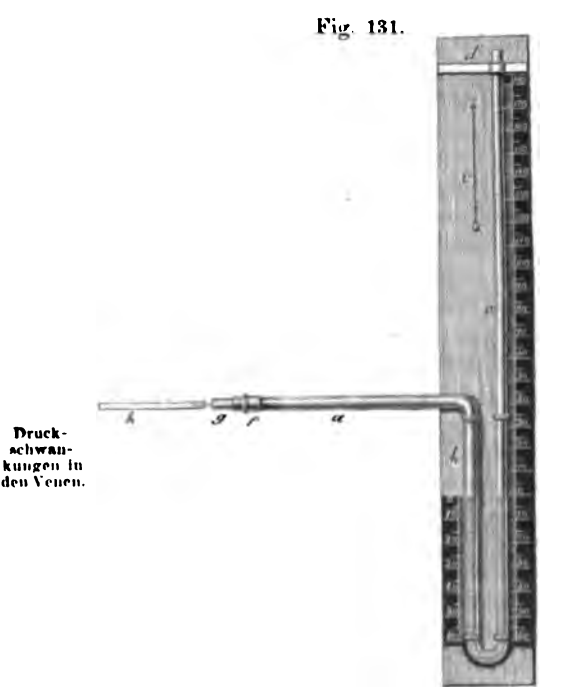
auch mit dem Munde einleitet, erhält den Herzschlag des getödteten Thieres länger, als er ohne dieses Hülfsmittel fortdauern würde. Selbst das ausgeschnittene Herz steht im Allgemeinen später still, wenn früher die künstliche Athmung eine Zeit lang einwirkte.

Dieser Zusammenhang zwischen Herz- und Athembewegungen greift nicht so tief durch, dass beide in gleichem Verhältnisse steigen und fallen. Frisch getödtete Thiere können dieses unmittelbar beweisen. Guy fand, dass im Durchschnitt 3,6 Herzschläge des Morgens und nur 3,4 des Abends auf einen Athemzug kamen. Das Liegen ergab 5,0, das Sitzen 3,4 und das Stehen 3,0. Das Alter von 50 bis 60 Jahren lieferte 3,7 für den Mann und 3,6 für die Frau, das von 80 bis 90 Jahren dagegen 3,0 für jenen und 3,5 bis 3,2 für diese.

Einfluss des Athmens auf den Blutlauf.

§. 595. Die Wechselerscheinungen des **Athmens** wirken bisweilen auf den Blutlauf nachdrücklich ein. Die Erweiterung des Brustkastens erzeugt im Thorax eine geringere Spannung, als dem äusseren Atmosphärendrucke entspricht. Es wird daher nicht bloss Luft, sondern auch Blut angesogen. Dieses Verhältniss muss den centripetalen Lauf des Venenblutes zu befördern und den centrifugalen des Schlagaderblutes herabzusetzen suchen. Die Ausathmung dagegen, die von einem positiven Muskeldrucke begleitet wird, kann Blut aus den Arterien des Brustkastens in die ausserhalb desselben liegenden Schlagadern übertreiben und dem centripetalen Laufe des Venenblutes entgegentreten. Da die Klappen der Blutadern bei hinreichender Stärke des Druckes geschlossen werden, so nimmt hier die Wirkung mit der Entfernung vom Brustkasten ab. Man sieht an der oberflächlichen Drosselblutader magerer Menschen und Säugethiere, z. B. von Pferden, oder noch besser, nachdem das Gefäss blossgelegt worden, wie es bei jeder tiefen Einathmung zusammenfällt, bei der Ausathmung dagegen strotzend gefüllt wird. Die durch das Athmen bedingten Druckschwankungen nehmen in den Schlagadern mit den Verzweigungen immer mehr ab und schwinden zuletzt gänzlich (§. 519).

Fig. 131.



Druckschwankungen in den Venen.

§. 596. Hat man ein Manometer in den centralen Abschnitt der Drosselblutader endständig eingesetzt, so wird jede die Einathmung begleitende Aspiration des Venenblutes die Flüssigkeitssäule des Prüfungsrohres in *b*, Fig. 131, hinaufziehen und in *c* heruntergehen lassen. Man erhält daher hier

einen negativen Druck oder eine geringere Spannung als die der Atmosphäre, wie bei jedem anderen Saugen (§. 140). Die positive Druckgrösse dagegen, die das Ausathmen begleitet, wird umgekehrt die Flüssigkeit in *b* erniedrigen und in *c* erhöhen. Die Halsschlagader müsste eben so eine schwächere Druckgrösse bei dem Ein- und eine stärkere bei dem Ausathmen anzeigen.

Da der Druckmesser eine gewisse Menge von Widerständen liefert, so werden seine Ausschläge kleiner, als sie sollten, ausfallen (§. 489). Die Nebenapparate, die zum Aufzeichnen der Schwankungen dienen, vergrössern die Hindernisse (§. 505). Geringe Schwankungen können daher dem Kymographion gänzlich entgehen. Die ruhigen schwachen Athembewegungen führen dann zu verschwindend kleinen Einflüssen.

§. 597. Wir haben §. 593 gesehen, dass eine Reihe von Herzschlägen einem einzigen Athemzuge entspricht. Nun liefert die Systole der Kammer eben so gut eine Spannungserhöhung, als die Ausathmung, und die Diastole eine Abnahme derselben, wie die Einathmung. Wir haben also zwei positive und zwei negative Grössen, von denen sich je zwei mit den verschiedensten Werthen verbinden können. Diese nach kurzen Zeittheilen wechselnden Summen werden die mannigfachsten Formen der Kymographionlinien erzeugen können.

Schwankungen der Drucke in den Arterien.

§. 598. Fig. 132 entspricht dem einfachsten Falle, in welchem eine tiefe Aus- und Einathmung eine anhaltende Erhebung und Senkung des Seitendruckes der Halsschlagader erzeugte. Das eine Manometer, das in der Luftröhre einer kräftigen Katze seitlich eingefügt war, gab die Athmungscurve *ab*, deren Ungleichheiten *e* zum Theil von Quecksilberschwankungen (§. 505) herrühren, und ein zweites, das mit der Carotis endständig verbunden war, die verhältnissmässig weniger verkürzt gezeichnete *cd*. Man sieht die einzelnen systolischen Erhebungen *gh* und diastolischen Senkungen *hi* und deren Interferenzen mit den Athmungsdrucken. Fig. 133

Fig. 132.

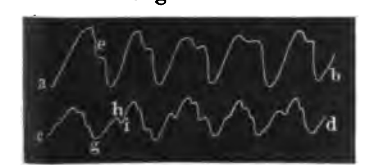
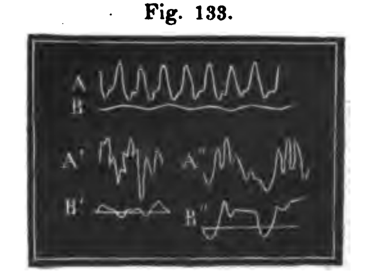


Fig. 133.



zeigt das Gleiche aus dem Pferde, nach Ludwig's Beobachtungen. Die Athmungscurve ist hier durch eine kleine mit Wasser gefüllte und mit dem Manometer verbundene Blase, die durch einen Spalt der Wände in die Brusthöhle geführt worden, angegeben. Sie wird daher die gleichzeitigen Schwankungen nur in ihren allgemeinsten Beziehungen ausdrücken. *AB* ist der Fall, in welchem sich kein Einfluss der Athmungs- auf die Blutcurve bemerklich machte. *A'B'* zeigt die Druckerhöhung des Ausathmens und *A''B''* diese nebst der anhaltenderen Druckverminderung während des Einathmens an.

Combination des Athmungs- und des Blutdruckes.

§. 599. Wenn auch die arterielle Blutcurve die von der Athmung herrührenden Schwankungen auf den ersten Blick nicht anzeigt, so folgt hieraus noch nicht, dass sie in der Wirklichkeit gefehlt haben oder nur unmerklich waren. Es kann z. B. bei dem kurz abgebrochenen und keuchenden Athmen vorkommen, dass ein Athemzug nur ungefähr eben so lange als ein Herzschlag dauert. Ein positiver oder ein negativer Athmungsdruck deckt sich hierbei möglicher Weise mit einer Systole- oder Diastolewirkung. Man erhält daher ein resultirendes Curvenstück, dessen Componenten zweifelhaft bleiben. Solche zweideutige Linien können übrigens schon vorkommen, wenn selbst mehrere Herzschläge einem nicht sehr kräftigen Athemzuge entsprechen.

Eine andere Ursache möglicher Täuschungen liegt darin, dass sich eine nur unmerkliche systolische Steigung zwischen den beiden benachbarten Diastolewirkungen während des anhaltenden tiefen Einathmens einschaltet. Man muss sich hier hüten, eine auffallende Verlängerung der Diastole, die nicht vorhanden war, anzunehmen.

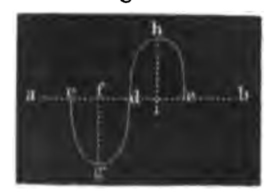
Grenzwerthe des Athmungsdruckes in den Arterien.

§. 600. Die ruhigen Athembewegungen pflegen sich in den arteriellen Curvenlinien nicht deutlich auszusprechen. Die stärkeren dagegen führen oft zu Schwankungen, welche die Unterschiede der Höhen- und der Tiefenstände der Systole und der Diastole bedeutend übertreffen (Fig. 132). Der seitlich in die Halsschlagader eines kleinen Hundes eingeführte Blutkraftmesser lieferte z. B. einen Minimaldruck von 140 Mm. während der Einathmung und ein Maximum von 212 Mm. während der Ausathmung. Der Unterschied wuchs noch häufig bedeutender in anderen Hunden und vorzüglich in Pferden. Die Grenzwerthe können 90 und 230 Mm. betragen.

Grenzwerthe in den Venen.

§. 601. Ein Manometer, dessen Canüle in die Drosselblutader centripetal und endständig eingefügt oder selbst bis in die Brusthöhle vorgeschoben worden, giebt nicht selten einen stärkeren negativen Druck bei dem Ein- und einen schwächeren positiven bei dem Ausathmen. Die Ordinate fg, Fig. 134, ist also länger als hi. Der Unterschied hängt im Allgemeinen von der Intensität und vielleicht auch der Dauer der Athembewegungen ab. Er beträgt oft weniger als 1 Mm. Quecksilber bei dem ruhigen Athmen, wenn 5 bis 7 Mm. auf den Höhenstand der Inspiration kommen. Tiefere Athembewegungen, die selbst — 19 Mm. Quecksilber liefern können, bieten nicht selten 6 bis 8 Mm. Differenz dar. Wenn hierbei der Atmosphäredruck den von der Brusthöhle ausgehenden negativen Einathmungsdruck ausgleicht, so heisst dieses nichts Anderes, als dass er eine positive Druckkraft zu der schon vorhandenen Rückenkraft hinzufügt. Das Venenblut wird daher um so schneller dem Vorhofe zueilen.

Fig. 134.



Druck bei dem Eintritt in den Vorhof.

§. 602. Der verhältnissmässig geringe Seitendruck, den man an dem Ende des Venensystemes antrifft (§. 565), stammt von zwei verschiedenen Arten von Widerständen, dem gewöhnlichen, der in allen Röhren vorkommt, und dem, welchen die Vorhofssystole von Zeit zu Zeit bedingt, in-

dem sie den centripetalen Lauf des Venenblutes hemmt oder erschwert. Die kleine Geschwindigkeitshöhe, die das Blut in der Drosselvene darbietet, wächst noch auf dem Wege nach dem Vorhofe durch die zunehmende Verschmälerung des Flussbettes. Der negative Einathmungsdruck kann eine gewisse Grösse positiver Geschwindigkeitshöhe hinzufügen. Das Venenblut behält hierbei immer einen Ueberschuss von Druck, indem es in die Vorkammer eintritt. Es wird für die Entfaltung und Dehnung der Wände während der Diastole des Vorhofes und zum Einströmen in die gleichzeitig diastolische Kammer verbraucht (§. 426).

Geschwindigkeit und Widerstände im Körperkreislaufe.

§. 603. Bedenkt man, dass der Schnelligkeitsmesser (§. 526) eher zu kleine, als zu grosse Geschwindigkeitswerthe für Arterien von beträchtlichem Querschnitt liefert (§. 527), so lässt sich die mittlere Secundengeschwindigkeit des Carotidenblutes des Hundes, des Pferdes und der mittelgrossen Hauswiederkäuer zu 0,35 Meter anschlagen (§. 528). Berücksichtigt man nun, dass sich der Querschnitt des gesammten Flussbettes nach dem Anfange der Aorta hin verengt, so wird man sich nicht weit von der Wahrheit entfernen, wenn man hier die mittlere Schnelligkeit des Blutes oder die Durchschnittsgeschwindigkeit für die Systole- und die Diastolezeiten auf 0,5 Meter schätzt. Dieses giebt eine Geschwindigkeitshöhe von 12,75 Mm. Blut oder 0,94 Mm. Quecksilber (§. 458). Da der mittlere Seitendruck 150 bis 160 Mm. in der Carotis und folglich eher mehr, denn weniger in dem Ursprunge der Aorta beträgt (§. 510), so folgt, dass die Geschwindigkeitshöhe einen nur kleinen Bruchtheil der Widerstandshöhe an dem Anfange des Schlagadersystemes bildet, d. h. der bei weitem grösste Theil der Druckkraft, den die anhaltend fortgesetzte Thätigkeit des Herzens liefert, dient zur Ueberwindung der Widerstände, die in der Gesammtbahn des Körperkreislaufes liegen (§. 489).

Die Verzweigungen der Schlagadern wirken auf beide Grössen ungleich ein. Sie liefern eine verhältnissmässige Erhöhung der Widerstände, weil eine beträchtlichere Menge engerer Röhren auftritt, und setzen schon an und für sich die Geschwindigkeit herab, weil sie den Gesammtquerschnitt erweitern. Die Geschwindigkeitshöhe wird in der Regel mehr als die Widerstandshöhe abnehmen. Das Maximum des Missverhältnisses beider muss in den Capillaren auftreten. Die dünnen Wände von diesen werden einen relativ bedeutenden Seitendruck auszuhalten haben, während das Blut verhältnissmässig am langsamsten strömt. Beide Momente unterstützen die Exosmose (§. 347). Sie begünstigen daher die Ernährungsausscheidungen der Capillaren und die Ausschwitzungen in die absondernden Hohlräume.

§. 604. Da die Schnelligkeit des Blutlaufes in den Venen von den Zweigen nach den Stämmen hin wächst (§. 564), der Seitendruck dagegen, so weit er nicht durch die Athmung verändert wird (§. 595), mit der Nähe des Herzens abnimmt, so wird hier die Geschwindigkeitshöhe ein günstigeres Verhältniss zur Widerstandshöhe darbieten. Die gegenseitige Proportion der Mittelgrössen beider kann z. B. durch 1 : 165 für den Ursprung des Aortensystemes (§. 603) und durch 1 : 11 für die Drosselblutader (§. 565) nach den früheren Schätzungen angeschlagen werden.

§. 605. Während auf diese Weise eine durchschnittliche Secundengeschwindigkeit von 500 und 250 Mm. für den Anfang und das Ende des Röhrensystemes des Körperkreislaufes auftritt, giebt die Mitte des Bogens, das Capillarsystem, einen Werth von einem halben Millimeter oder 1000 bis 500 Mal weniger. Da nun alle Haargefässe zusammengenommen einen grösseren Querschnitt als die Gesammtsumme der Schlag- oder der Blutadern liefern, so könnte man hieraus schliessen wollen, dass deshalb die Gesammtdauer des Körperblutlaufes wesentlich verlängert werde. Die blosse Betrachtung der Anordnung der Capillaren kann diese Vorstellung beseitigen. Ihre geringen Weglängen bedingen es, dass ein Bluttheilchen, dessen Bewegung durch den Eintritt in ein Capillargefäss verzögert worden, nach kurzer Zeit in ein weiteres Venenstämmchen übertritt und so durch grössere Geschwindigkeit nachholt, was es in dem früheren Aufenthaltsorte verloren hat.

Kreislaufsdauer.

§. 606. Hering hat es zuerst versucht, die minimale Umlaufszeit des Blutes auf dem Wege des Versuches zu bestimmen. Man lässt eine Lösung von Eisenkaliumcyanür oder Blutlaugensalz in die Drosselvene eines Thieres in centraler Richtung fliessen, während man Blut einem anderen Stamme, z. B. der Schenkelhautvene entzieht und es nach je 5 Secunden in einem besonderen Gefässe auffängt. Hat sich das Serum abgeschieden, so vermischt man einen Tropfen desselben mit einem Tropfen einer Eisenchloridlösung. Die erste entschiedene grünblaue Färbung wird den gesuchten Zeitwerth angeben. Nimmt man nämlich an, dass das blausaure Eisenkali nur als Gemengtheil des Blutes in den Gefässen fortgeführt worden, so musste es den centralen Abschnitt der Drosselvene und der oberen Hohlader, das rechte Herz, den ganzen Lungenkreislauf, das linke Herz, den entsprechenden Abschnitt des Aortensystemes bis zu den Haargefässen des Fusses, diese selbst und die Venenbahnen bis zur Schenkelhautblutader, mithin den ganzen Athmungs- und den grössten Theil des Körperkreislaufes durchsetzen, ehe es in dem Serum des Aderlassblutes auftreten konnte.

§. 607. Oft wiederholte Versuche, die Hering anstellte, lieferten 10 bis 40 Secunden für die Zwischenwege, die zwischen der einen äusseren Drosselblutader des Pferdes und der anderen, der grossen Schenkelhautvene, der äusseren Kiefer- oder der Mittelfussschlagader liegen. Er schätzt daher die mittlere Kreislaufsdauer des Pferdes auf 30 Secunden. Poiseuille fand 25 bis 35 Secunden, wenn er den Aderlass aus der zweiten Drosselblutader entnommen hatte. Dieser letztere Forscher glaubt sogar auf demselben Versuchswege beweisen zu können, dass gewisse Zusätze die Geschwindigkeiten aus physikalischen Gründen ändern. Eine Lösung von essigsaurem Ammoniak strömt durch feine Glasröhren schneller, Weingeist dagegen langsamer als reines Wasser (§. 464). Ein und dasselbe Pferd lieferte 25 bis 30 Secunden für eine einfache wässerige Lösung des Blutlaugensalzes, 18 bis 24 für eine andere, die essigsaures Ammoniak, und 40 bis 45 für eine dritte, die Weingeist enthielt. Das Rind zeigt, nach Hering, und der Hund, nach Nasse, kleinere Werthe als das Pferd.

§. 608. Taf. I. Fig. XVI. kann die Hauptreactionen anschaulich machen. Alle Zeichnungen sind nach den eingetrockneten Originalmischungen von je zwei Tropfen Serum und einem Tropfen Eisenchloridlösung, wie sie sich in einer Versuchsreihe von Hering ergaben, entnommen. Das Pferd lieferte gleichzeitig 40 Pulsschläge und 24 Athemzüge in der Minute. Fig. XVI. *a* ist ein eingetrockneter Tropfen von Serum, der 0 bis 5, *b* ein solcher, der 20 bis 25, *c* einer, der 25 bis 30, *d* einer, der 35 bis 40 Secunden nach der Einspritzung aus der entgegengesetzten Drosselvene gewonnen wurde. Die erste deutliche Reactionsspur trat hier bei 20 bis 25 Secunden auf. Fig. XVI. *e* ist ein mit der Eisenchloridlösung vermischter Tropfen von Blut, das eine Secunde nach dem Versuche entzogen ward und keine Fällung von Berlinerblau anzeigte. Fig. XVI. *f* giebt zum Vergleiche einen Doppeltropfen Serum, der $^1/_{8000}$ Blutlaugensalz enthielt und mit einem Tropfen Eisenchloridlösung vermengt ist.

§. 609. Der Durchgang durch die Capillaren, welche der Metatarsea des Pferdes entsprechen, fodert, nach Hering, weniger als 5 Secunden. Die Summe der Weglängen der engsten Röhren, die das Blut hier durchsetzen muss, könnte hiernach noch keinen Centimeter betragen (§. 551).

§. 610. Die örtliche Vergrösserung der Stromschnelle, die der Aderlass erzeugt, bildet nur eine verschwindend kleine Grösse im Verhältniss zur gesammten Blutbewegung. Die Diffusion der Blutlaugensalzlösung in der umhergetriebenen Blutmasse könnte eher bewirken, dass jene in geringem Grade voraneilt. Es wäre möglich, dass eine gewisse Menge von Blutlaugensalz durch die Scheidewände des Herzens, besonders unter dem begünstigenden Einflusse des systolischen Druckes exosmotisch durchdringt und den Athmungskreislauf umgeht. Alle diese Störungen können aber das Hauptergebniss der äusserst kurzen Kreislaufsdauer nicht umstossen.

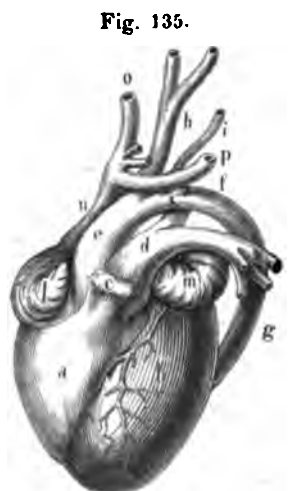
§. 611. Die hypothetischen Berechnungen, die man in dieser Hinsicht anzustellen versucht hat, lieferten grössere Werthe als das Hering'sche Versuchsverfahren. Die rechte Kammer des todten Herzens bietet in der Regel eine weit grössere Capacität als die linke dar (§. 450). Geht man aber von dem Gesichtspunkte aus, dass beide Kammern die gleiche durchschnittliche Inhaltsmenge im Leben fassen (§. 451) und dass man sich eher an die grösseren gefundenen Werthe halten müsse, weil alle Muskelfasern währed der Diastole erschlafft und durch den Druck des Vorhofsblutes ausgedehnt sind, so finden sich 100 bis 150 Grm. für jede Kammer. Man hätte also 125 Grm. als Durchnittsgrösse. Nimmt man 12 Kilogr. Blut für einen Erwachsenen von 60 Kilogr. Körpergewicht und 70 Pulsschläge für die Minute an, so wären 82,3 Secunden nöthig, um jene ganze Blutmenge vollständig herumzutreiben. Sollte die Kreislaufsdauer nur eine Minute fodern, so müsste jede Kammersystole im Durchschnitt 171,4 Grm. Blut ausgiessen. Wollte man die unsicherere Bestimmung der mittleren Geschwindigkeitswerthe des Blutes zum Grunde legen, so würde eine noch grössere Capacität der Herzhöhle herauskommen. Kann aber auch die Kreislaufsdauer des Blutlaufes nicht genau angegeben werden, so folgt

wenigstens aus diesen Betrachtungen, dass sie die Zeit von einer Minute selbst im ungünstigsten Falle nicht wesentlich übersteigt und die Kammern des thätigen Herzens bedeutend mehr fassen, als sich nach dem gewöhnlichen Aussehen des todten erwarten lässt.

Vertheilung der Blutmasse.

§. 612. Die mit jeder Systole der linken Kammer eintretende Blutmasse wird sich in dem Anfange des Arteriensystemes nach Maassgabe der Widerstände vertheilen. Seine Hauptmenge geht gewöhnlich in den Aortenbogen *f* und die absteigende Aorta *g*, Fig. 135, ein geringeres Quantum in die Kranzschlagadern, den ungenannten Stamm *h*, der die Schlüsselbeinschlagader *r* und die Carotis *s* der rechten Seite erzeugt, in die linke Carotis *i* und die linke Schlüsselbeinarterie *k*. Ein Blutvolumen von 118 C. C., das einem Gewichte von 125 Grm. entspricht, kann z. B. die Aorta bis zu dem Theile ihres absteigenden Abschnittes, der mit dem unteren Rande der halbmondförmigen Klappen in gleichem Niveau liegt, 27 Mm. Länge der oben genannten Hauptzweige und 6 Mm. der Kranzschlagadern, wenn die Wände ausgedehnt sind, im erwachsenen Manne füllen.

Fig. 135.



Hyperämie.

§. 613. Wenn regelwidrige Verhältnisse zu grösseren Widerständen in den der absteigenden Aorta entsprechenden Gefässbezirken führen, so muss eine verhältnissmässig reichlichere Blutmenge nach den Carotiden und den Schlüsselbeinschlagadern strömen. Oertliche Störungen können ähnliche Schwankungen der Füllungen in jedem anderen Gebiete der Kreislaufsorgane erzeugen. Die Congestion und die Hyperämie einzelner Gegenden bilden daher nur die Ergänzungsstücke der Anämieen anderer, so lange die Blutmenge die gleiche bleibt. Eine passende Ableitung wird die Blutüberfüllung beseitigen können.

Rückkehrende Blutmasse.

§. 614. Hat auch die Kammerzusammenziehung alles Blut dem Schlagadersysteme überliefert, so geht doch ein kleiner Theil desselben für den centrifugalen Lauf in dem nächsten Augenblicke verloren. Die elastische Rückwirkung der Schlagaderwände (*ab* und *cd*, Fig. 136) stellt die Klappen (*be* und *cf*) in einer kurzen, aber immerhin endlichen Zeit (§. 420). Das Blut kann daher so lange zurücktreten, als sich *e* und *f* nicht berühren. Ist der Schluss vollendet (Fig. 137), so bleibt die in *g* enthaltene Blutmasse für den centrifugalen Strom abgesperrt. Schliessen die Klappen unvollständig, so treibt der

Fig. 136.



Fig. 137.



Reactionsdruck der Arterienwände eine gewisse Blutmenge in die diastolische Kammer zurück, wenn seine nach Abzug der Widerstandshöhe übrig bleibende Druckhöhe grösser als der ähnliche Werth des Vorhofes ausfällt.

§. 615. Die gefüllten Taschen der Erwachsenen fassen durchschnittlich 9 C.C. Blut oder ungefähr $^1/_{15}$ bis $^1/_{20}$ der Menge, welche eine Kammersystole auspresst. Ihre Capacität nimmt im Laufe der Kammerdiastole ab, weil die elastische Zusammenziehung, die nach dem Klappenschlusse fortdauert, die Querschnitte *ik* und *bc* nach und nach zu verkleinern sucht. Das Blut, das für den centrifugalen Strom verloren geht, beträgt wahrscheinlich mehr, als die Taschen *be* und *cf*, Fig. 137, fassen können, weil ein Aequivalent zurückgedrückt und ein Theil schon vor dem vollständigen Schlusse durchgegangen ist.

Bedingungsglieder der Umlaufszeit des Blutes.

§. 616. Die Schnelligkeit der Blutbewegung und die Kreislaufsdauer richten sich nach der absoluten Menge des Blutes und der Blutvolumina, die jede Kammersystole in den Lungen- und den Körperkreislauf treibt, dem Grade der Gefässfüllung, der mit der Einsaugung und der Ausscheidung wechselt, und den von der Schnelligkeit der Bewegung zum Theil abhängigen Widerständen, welche die Adhäsion des Blutes, die Reibungsbedingungen, die Elasticitätscoëfficienten und die Verlaufsweise der Gefässröhren und äussere örtliche Drucke erzeugen. Die blosse Zahl der Herzschläge, die überdies die relative Dauer der Systole und der Diastole nicht angiebt, lässt daher die Grösse der Umlaufszeit nicht beurtheilen. Die mit jeder Systole ausgegossenen Blutmengen und die Geschwindigkeiten können auf das Mannigfachste variiren, während die Menge der einer Zeiteinheit entsprechenden Pulsschläge die gleiche bleibt. Der ärztliche Glaube, dass der Umlauf in einem Fieberkranken mit häufigem Pulse in kürzerer Zeit vollendet werde oder das Blut rascher circulire, beruht daher auf einem Missverständniss.

§. 617. Blutverluste können die Zahl der Pulsschläge vergrössern und die Geschwindigkeit des Blutes gleichzeitig herabsetzen. Die Carotis eines Pferdes, die eine Secundenschnelligkeit von 431 Millimetern bei 56 Herzschlägen geliefert hatte, gab, nach Volkmann, nur 150 Mm., nachdem 13,8 Kilogr. Blut entfernt worden und die Pulsfrequenz auf 152 gestiegen war.

§. 618. Die neueren Beobachtungen, in denen Hering die Kreislaufsdauer mit den Zahlen der Herzschläge und der Athemzüge verglich, führten zu keinen beständigen Beziehungen jener Factoren. Nur die Mittelwerthe, die aber hier keine bindende Kraft besitzen, deuten darauf hin, dass Vergrösserungen der Puls- oder der Athemfrequenz mit einer durchschnittlichen Abnahme der gefundenen Zeitwerthe verbunden sein können. Die verschiedensten Zahlen kommen aber in den beobachteten Einzelfällen bei denselben Relationen der Menge der Herzschläge und der Athemzüge vor. Die beiden äusseren Drosselblutadern des Pferdes zeigten in dieser Hinsicht:

Zahl der Herzschläge in der Minute.	Kreislaufsdauer in Secunden.			Zahl der Athemzüge in einer Minute.	Kreislaufsdauer in Secunden.		
	Maxim.	Minim.	Mittel.		Maxim.	Minim.	Mittel.
Unter 30	—	—	35 bis 40	6 bis 10	35 bis 40	10 bis 15	25,3 bis 30,3
31 bis 40	35 bis 40	20 bis 25	29,1 bis 34,1	11 bis 20	40 bis 45	15 bis 20	28 bis 33
41 bis 50	30 bis 35	20 bis 25	23,5 bis 28,5	21 bis 40	35 bis 40	35 bis 40	24,2 bis 29,2
51 bis 70	40 bis 45	10 bis 15	22,2 bis 27,2	41 bis 72	—	—	20 bis 25
71 bis 100	40 bis 45	15 bis 20	26,5 bis 31,5	—	—	—	—
101 bis 120	20 bis 25	15 bis 20	17,5 bis 22,5	—	—	—	—

Verblutung.

§. 619. Grössere **Blutverluste** führen zunächst zu einer geringeren Füllung und Anspannung der Gefässröhren. Die durch die Systole eingetriebene Blutmasse dehnt die Wände verhältnissmässig weniger aus, so dass auch der spätere elastische Gegendruck schwächer wirkt. Die Geschwindigkeit wird unter diesen Verhältnissen abnehmen. Ihre Verkleinerung wird noch dadurch unterstützt, dass engere Gefässröhren relativ grössere Widerstände bieten (§. 462). Man darf aber bei diesen Betrachtungen nicht vergessen, dass manche Nebenwirkungen die Erfolge ändern können. Blutverluste führen zu einer stärkeren Einsaugung der wässerigeren Ernährungsflüssigkeit (§. 577). Dieser Umstand hindert zum Theil die Capacitätsverkleinerung der Gefässe. Der Herzschlag selbst wechselt leicht unter diesen stürmischen Eingriffen. Es lässt sich endlich vermuthen, dass die Arterienwände ihre Elasticitätscoëfficienten in merklichem Grade ändern werden.

Einspritzungen in das Blut.

§. 620. Die **Einspritzung** von Wasser, Blutserum oder Blut und die hierdurch bedingte Vergrösserung des Blutvolumens erhöhen den Seitendruck und die Exosmose der Gefässe. Einzelne von ihnen können bersten oder ihre Poren erweitern, so dass Blutkörperchen durchdringen. Diese Angaben gelten jedoch nur unter der Voraussetzung, dass die eingespritzte Flüssigkeit die Herzthätigkeit nicht lähmt. Sehr kaltes Wasser hebt bisweilen den Herzschlag von Katzen, kurz nachdem es in die Drosselvene gebracht worden, auf.

§. 621. Die Gefässe eines Organes, dem eine grössere Menge von Blut der ungleichen Blutvertheilung wegen zuströmt (§. 613), verhalten sich wie die Summe der Körpergefässe, wenn das Gesammtvolumen des Blutes aus irgend einem Grunde übermässig vergrössert worden. Der stärkere Seitendruck führt zu lebhafterer Ausschwitzung und nicht selten zur Continuitätsunterbrechung der schwächsten Stellen der Gefässröhren. Die Vermehrung des Kopfschmerzes, die der Husten erzeugt, die Durchfälle, welche der Erkältung folgen, und die Schlagflüsse, die durch den Gebrauch eines kalten Bades entstanden sind, lassen sich nach dieser Auffassungsweise erklären.

§. 622. Der Mangel eines Gliedes könnte an und für sich keine Störung der Blutvertheilung nach sich ziehen, wenn eine entsprechend gerin-

gere durchschnittliche Blutmenge der Verkürzung des Röhrensystemes parallel ginge. Der durch die Amputation erzeugte Blutverlust hat wahrscheinlich zunächst eine Abnahme der Drucke und der Geschwindigkeiten zur Folge. Die reichlichere Blutbereitung gleicht dieses in sonst gesunden Individuen bald aus. Es kann aber auch später ein relativer Blutüberschuss vorhanden sein, weil die Verdauungswerkzeuge und der grösste Theil der übrigen aufnehmenden und aneignenden Organe für den unverstümmelten Körper berechnet sind und daher eine übermässige Grösse in dem Amputirten darbieten.

§. 623. Da die Drucke und die Geschwindigkeiten des Blutes in den verschiedenen Bezirken des Gefässsystemes wechseln, so kehrt ein Blutstropfen früher als ein anderer zum Herzen zurück. Der Unterschied nimmt aber nicht gerade mit der Weglänge, die das Blut zu durchlaufen hat, zu. Die Kranzschlagadern des Herzens sind von Anfang an so schmal, dass sie deshalb eben so viel, wo nicht mehr Widerstandsfactoren als die Bahn durch die absteigende Aorta, die Hüft- und die Schenkelschlagadern darbieten. Die Menge, die Form der Haargefässnetze und die Beschaffenheit ihrer Wände greifen im Allgemeinen entscheidender als die arteriellen und venösen Zwischenbahnen ein.

Ungleiche Geschwindigkeiten.

§. 624. Einschnürungen, Blutgerinnsel, Ausschwitzungen, Unterbindungen und andere äussere Druckwirkungen, die das Gefässlumen beengen oder aufheben, erhöhen den Seitendruck in den zuführenden Gefässabtheilungen, indem sie die Durchgangswiderstände vergrössern. Solche der Stromesrichtung entgegenstehende Hindernisse können ihn weiter emportreiben, als der hydrostatische Druck erwarten liesse (§. 557). Die hinter einer Verengerung liegenden Gefässstücke werden an Druck und Geschwindigkeit verlieren, weil eine gewisse Menge von Druckkraft durch die Verkleinerung der Durchgangsöffnung aufgezehrt worden. Die vollkommene Verschliessung hebt für sie die frühere Triebkraft gänzlich auf. Der Seitendruck muss in ihnen sinken, sobald nicht Anastomosen Drucke in einer der ursprünglichen Strömung entgegengesetzten Richtung ausüben können. Die Spannungen, welche an den Uebergängen in die offenen Gefässbahnen vorhanden sind, werden übrigens hier wesentliche Bedingungsglieder der Druckgrössen abgeben (§. 489).

Verengerungen und Verschliessungen.

Ist der Blutstrom eines Stammes verschmälert oder gänzlich gehemmt, so müssen zunächst die benachbarten Röhren mehr Flüssigkeit aufnehmen oder sie mit grösserer Geschwindigkeit durchlassen. Diese Wirkung wird sich aber mit der Vergrösserung des Gesammtquerschnittes des Flussbettes immer mehr vertheilen. Sie kann daher auf eine verschwindend kleine Grösse herabsinken.

§. 625. Der Blutstrahl, den eine vollkommen durchschnittene Schlagader mit periodisch beschleunigter Geschwindigkeit entlässt, strömt unter sonst gleichen Nebenbedingungen schneller, als das in der unversehrten Arterie eingeschlossene Blut, weil die unverändert gedachte Schnittöffnung und die Atmosphäre weniger Widerstände als die vorliegenden Blutsäulen des vollständigen Röhrensystemes des Kreislaufsapparates entgegensetzen. Engt sich die Ausflussöffnung, wie gewöhnlich, vermöge der Elasticität der Arterienwände ein, wird sie durch Blutgerinnsel oder Nachbargebilde theil-

Blutstrahl einer verletzten Arterie.

weise verstopft, so muss auch demgemäss die Schnelligkeit sinken. Liessen sich alle Bedingungsglieder genau bestimmen, so würde die Höhe, zu welcher die Blutsäulen der Carotiden unmittelbar nach der Enthauptung emporsteigen, ein Mittel geben, den vorhanden gewesenen Druck zu berechnen.

Die Blutung, welche eine Arterienverletzung erzeugt, führt zunächst zu einer erhöhten Geschwindigkeit in den centralen Stücken der getroffenen Schlagader und der mit ihr zusammenhängenden Gefässstämme. Die Schnelligkeit sinkt aber nach Maassgabe der Füllungsabnahme (§. 466). Sie kann daher unter ihre gewöhnliche Grösse bei grossem Blutverluste hinabgehen.

Aderlass.

§. 626. Die angelegte Aderlassbinde erzeugt eine örtliche Hemmung, die den Abfluss beschränkt und die Spannung in dem dahinter liegenden Venenstücke vergrössert (§. 468). Wird nun die angeschwollene Blutader geöffnet, so erzeugt man hierdurch eine Bahn relativ geringsten Widerstandes. Das Blut strömt mit grösserer Geschwindigkeit, als es im Normalzustande floss, heraus. Der Seitendruck sinkt in den zuführenden Gefässen stärker, als in den ableitenden, wenn man selbst die Communication frei erhalten hat. Es bleibt zuletzt nur die gewöhnliche Rückenkraft des Venenblutes (§. 559) als Triebkraft übrig. Reicht sie nicht hin, die nöthige Geschwindigkeitshöhe zu liefern, so kann die Zusammenziehung der benachbarten Muskeln nachhelfen, weil ihre Querschnittsvergrösserung einen äusseren Druck hinzufügt (§. 563).

Folgen der Blutentleerungen.

§. 627. Die durch Blutigel, Schröpfköpfe oder Aderlässe erzeugten Blutentleerungen können nach dem eben Dargestellten örtliche oder allgemeine Ueberfüllungen des Gefässsystemes verkleinern oder beseitigen, die übermässige Spannung der Gefässwände herabsetzen, den Werth des Seitendruckes in vielen Fällen erniedrigen, die Ausscheidungen aus diesem Grunde vermindern und die Einsaugung erhöhen, trägere und selbst stockende Blutsäulen aufrütteln, und die Herzthätigkeit und die Geschwindigkeit der gesammten Blutmasse ändern. Die reichlichere Einsaugung, welche die stärkeren Blutentziehungen zu begleiten pflegt, rührt wahrscheinlich davon her, dass die elastische Veränderung des Querschnittes der Abnahme des Inhaltes der Gefässe nicht vollständig oder nicht rasch genug folgt. Ein endosmotischer Strom muss dann den kleineren Innendruck auszugleichen suchen.

Lufteintritt in die Venen.

§. 628. Es kommt bei chirurgischen Operationen, die man am Halse macht, vor, dass das verletzte und nicht zusammengefallene centrale Stück der äusseren Drosselblutader Luft während des Einathmens ansaugt (§. 595). Das Gas dringt mit hörbarem Geräusche weiter vor. Eine tiefe Ohnmacht oder selbst der Tod folgen fast auf dem Fusse nach. Man kann kleinere Mengen unschädlicher Gasmischungen in die Venen der Säugethiere in centripetaler Richtung ohne Nachtheil einspritzen. Hat hingegen die auf ein Mal oder nach kurzen Pausen zugeführte Luftmasse eine gewisse Grösse erreicht, so stirbt das Thier plötzlich oder nach kurzem Todeskampfe. Centrifugal gerichtete Luftinjectionen in die Arterien oder die Venen führen in der Regel zu keinen lebensgefährlichen Folgeerscheinungen.

§. 629. Das rechte Herz von Thieren oder Menschen, die durch Lufteintritt in die Venen getödtet worden, enthält eine schaumigte Blutmasse, die oft den Vorhof und die Kammer strotzend ausdehnt. Eine ähnliche Mischung von Blut und Gas lässt sich in der Regel in der Lungenschlagader und deren Verzweigungen nachweisen. Sie fehlt dagegen in den Lungenvenen und dem linken Herzen gänzlich oder ist hier höchstens in geringerer Menge vorhanden. Nur die Venen, die von der Verletzungsstelle zum rechten Vorhofe überführen, und sonst kein Organ bieten etwas Aehnliches dar.

§. 630. Wenn die eingesogene oder injicirte Luft in den Verzweigungen der Lungenschlagader von dem rechten Herzen aus fortgetrieben wird, so vertheilt sie sich in kleinere Massen und gelangt endlich in die feineren und feinsten Gefässröhren, in denen sie haften bleibt. Da sie der Herzdruck nicht sogleich fortschieben kann, so wird auch die Athmung gehindert, so wie die Störung den grössten Theil der Lungen ergriffen hat. Blutentleerungen können, nach Beck, die Lebensgefahr beseitigen (§. 627).

Da der Tod in Thieren, denen man grössere Luftmengen einspritzt, in wenigen Secunden nachfolgt, so kann auch noch ein anderer Umstand eingreifen. Ist das rechte Herz von den unter starkem Drucke eingeführten Gasmassen strotzend gefüllt und ausgedehnt worden, so kann es sich dieser fremden Inhaltskörper nicht leicht entledigen. Der Kreislauf wird daher in kurzer Zeit unterbrochen und der Eintritt des Todes beschleunigt.

Blutvertheilung im Leichname.

§. 631. Die linke Kammer stirbt in der Regel früher, als die rechte ab und verfällt daher auch eher in Todtenstarre. Berücksichtigt man noch die schon §. 533 erwähnten Verhältnisse der Schlagadern, so erklärt sich von selbst, weshalb wir die meisten der mit unbewaffnetem Auge kenntlichen Blutmassen in den Venen und den Vorhöfen der Leiche anzutreffen pflegen. Nur Menschen oder Thiere, die durch den Blitz umgekommen, zu Tode gehetzte Geschöpfe, Leichen, deren Blutmasse flüssig geblieben, bieten eine gleichförmigere Vertheilung dar.

Todtenflecke.

§. 632. Das flüssige ruhende Blut gehorcht den Gesetzen der Schwere. Es senkt sich daher nach den tiefsten Stellen, so wie es die Adhäsionswiderstände und die Räumlichkeitsverhältnisse gestatten. Die rothblauen oder violetten Todtenflecke haben ihre nächste Ursache in diesem Verhältnisse. Sie rühren in der Regel von der Anhäufung des Blutes in den zahlreichen kleineren Gefässen her. Ein anderer Umstand bedingt es aber, dass sie sich nicht selten auch in dem Bindegewebe, das ausserhalb der Blutgefässe liegt, verbreiten. Die Gerinnung des Blutes, bei der sich der Faserstoff in fester Form abscheidet, hinterlässt das Serum, welches die Blutkörperchen nach und nach ändert. Viele verlieren ihre platte Gestalt (Taf. II. Fig. XXIV. *a*), indem sie Wasser aufnehmen und feste Bestandtheile, namentlich rothen Blutfarbestoff, abgeben. Man erhält auf diese Art ein geröthetes Serum, das sich exosmotisch weiter verbreitet. Dieses erklärt es auch, weshalb oft einzelne Stellen der Schlagaderwände, die nie entzündet waren, in der Leiche roth erscheinen. Die gelbgrünen oder grünen Flecke, die bei dem weiteren Fortschritte der Fäulniss auftreten, rühren von späteren, durch die Selbstzersetzung erzeugten Umsatzverbindungen her.

Athmung.

Nothwendigkeit von Athmungsorganen.

§. 633. Das Blut kann überall, wo die Atmosphäre blutgefässreiche Häute berührt, Sauerstoff aufnehmen und Kohlensäure abscheiden. Die Nothwendigkeit besonderer Athmungswerkzeuge, in welchen diese Veränderung in grösserem Maassstabe durchgreift, rührt nur von quantitativen Verhältnissen her. Soll die Blutmasse brauchbar bleiben, so muss so viel in einer gegebenen Zeiteinheit erfrischt werden, als der Körperkreislauf während der gleichen Zeitdauer abnutzt. Die äussere Körperfläche und die Oberflächen der inneren, der Luft zugänglichen Hohlräume würden aber für diesen Zweck nicht hinreichen, weil ihr Areal zu klein und die sie begrenzenden Gewebeanhäufungen zur Vermittelung eines reichlichen Gaswechsels minder geeignet sind. Ihr Venenblut bietet aus dem letzteren Grunde keine hochrothe, sondern immer noch eine dunkelrothe Farbe dar.

Lungen und Kiemen.

§. 634. Die Geschöpfe, welche in der Luft leben, besitzen Lungen, und die, welche sich im Wasser aufhalten, Kiemen. Beide dienen zur Luftathmung. Das Wasserthier erfrischt sein Blut nur durch die absorbirte Luft (§. 63) und ein Fisch ertrinkt in luftleerem Wasser eben so gut, als ein Landgeschöpf. Jedes von ihnen erstickt dann, weil die Athmung die Veränderungen, welche das Blut in dem Körperkreislaufe erlitten hat, nicht mehr beseitigen kann.

Bau der Athmungsorgane.

§. 635. Ein Athmungswerkzeug wird um so vollkommener arbeiten, je mehr Blut in einer Volumenseinheit desselben innerhalb einer Zeiteinheit unter sonst gleichen Nebenbedingungen erfrischt wird. Der nothwendige Wechsel des Athemmediums setzt aber voraus, dass freie Oberflächen, in deren Nachbarschaft Luft und Blut strömen können, vorhanden sind. Die Aufgabe kommt daher auf das Problem zurück, eine möglichst grosse Athmungsfläche in einem möglichst kleinen Raume herzustellen. Sie stimmt in dieser Hinsicht mit dem, was in den absondernden Drüsen gefodert wird, überein. Das gleiche Vergrösserungsmittel, die Herstellung von Verästelungen, auf deren Einfluss wir in der Absonderungslehre zurückkommen werden, wird in beiden Fällen zu Hülfe gezogen.

§. 636. Die Verzweigungen wenden sich in den Kiemen (Fig. 138) nach aussen und in den Lungen (Fig. 139) nach innen. Eine jede Kieme besitzt eine Reihe einfacher oder wiederum verästelter Kiemenblätter (*abc* und *bcd*, Fig. 138), welche die Athmungscapillaren enthalten und in das Athmungsmedium hineinragen. Die vollkommenen Lungenformen des Menschen und der Säugethiere dagegen haben ein inneres verzweigtes Höhlensystem, dessen Röhren, die Bronchien (*abc*, Fig. 139), mit blinden Erweiterungen, den Lun-

Fig. 138.

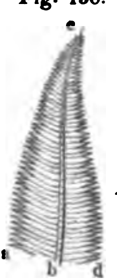
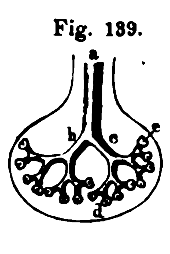


Fig. 139.



genbläschen (*d*) (Taf. VI. Fig. XCVI.) schliessen. Die letzteren tragen im Inneren Falten (*e*, Fig. 139), welche die Oberfläche noch mehr vergrössern. Die Athmungscapillaren durchziehen das Ganze in reichlichsten Mengen (Taf. VI. Fig. XCI. *b*). Die unvollkommneren Lungen der Reptilien besitzen meist einen grösseren Hohlraum. Nur Falten oder ein schwammigtes Balkengewebe (Taf. VI. Fig. XCV.), das an den Wänden liegt, vermehrt hier die Athmungsfläche. Dieses Begünstigungsmittel fällt endlich in dem einfachen Lungensacke der Schnecken ebenfalls fort.

Athmungs- und Ernährungsgefässe der Lungen.

§. 637. Die Athmung macht das dunkelrothe Blut hellroth, während die Ernährung den entgegengesetzten Farbenwechsel einleitet. Da die Lungen ihr ernährendes Gefässsystem eben so gut, als jedes andere Organ nöthig haben, so standen zwei Wege offen. Die Arterien des Körperkreislaufes konnten Aeste in die Lungen, wie in jeden anderen Theil, senden und die entsprechenden Venen von den Körpervenen aufgenommen werden. Oder die Lungenvenen, die hellrothes Blut führen (§. 402), gaben Zweige für das zur Ernährung dienende Haargefässsystem der Lungen unmittelbar ab. Die Injectionen lehren, dass die Natur beide Mittel in den Lungen des Menschen angewendet hat.

§. 638. Die zur Ernährung der Lungen bestimmten Bronchialschlagadern stammen gewöhnlich aus der absteigenden Aorta und der obersten Zwischenrippenarterie (*Intercostalis suprema*). Die Bronchialvenen dagegen münden in Zwischenrippenblutadern und die unpaare Vene. Ihr Blut kehrt also durch die obere Hohlvene zum Herzen zurück (§. 573).

Spritzt man eine Menschenlunge von den Lungenvenen aus ein, so füllt sich ein grosser Theil der Bronchialcapillaren. Zierliche Netze (Taf. VI. Fig. XCI. *a*), die zwischen der Lungenpleura und der Lunge verlaufen und ebenfalls der Ernährung dienen, haben Injectionsmasse überall aufgenommen. Treibt man die Flüssigkeit in die Bronchialschlagadern vorsichtig ein, so tritt ein Theil derselben in die Lungenvenen über.

§. 639. Eine gewisse, obwohl relativ kleine Menge von Blut wird unter diesen Verhältnissen zwei Haargefässsysteme, die Athmungscapillaren und die Ernährungsgefässe der Lungen, durchsetzen, ehe sie zum Herzen zurückkehrt. Man hat daher hier in beschränkterem Maassstabe, was sich in dem Pfortadersysteme im Grossen darbietet (§. 570), nur mit dem Unterschiede, dass die entsprechenden Zweige der Lungenvenen nicht zu einem Hauptstamm zusammentreten, sondern an vielen Orten sogleich in die Ernährungsgefässe übergehen. Ein Theil des Blutes, das diesen zuströmt, hat den Umweg durch das Herz gemacht, während ein anderer auf kürzester Bahn hinzutreten kann.

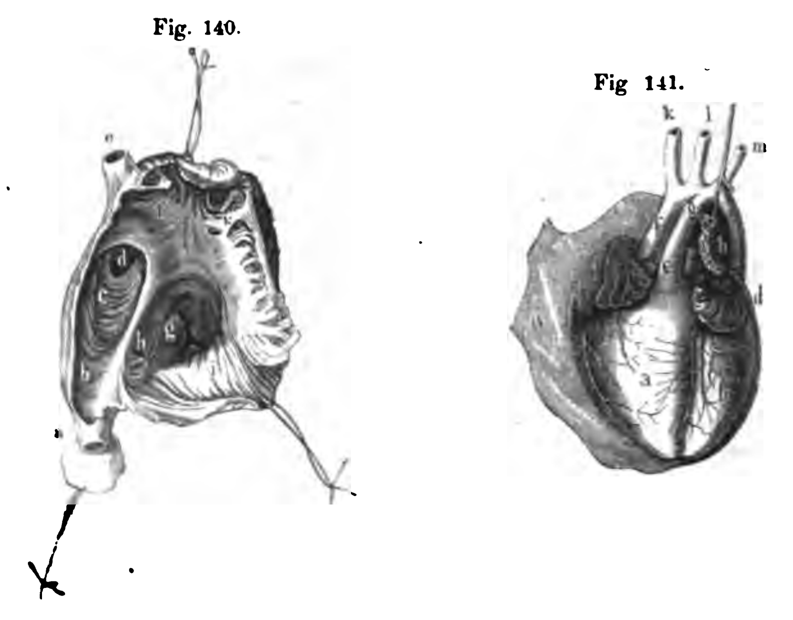
Verbindung beider Kreisläufe.

§. 640. Die beiden Kreisläufe der erwachsenen Menschen, Säugethiere und Vögel sind, abgesehen von den eben erläuterten Verhältnissen, wechselseitig vollkommen abgeschlossen, so dass alles Blut des Körperkreislaufes die Lungen durchsetzen muss, ehe es in das Aortensystem von Neuem gelangen kann (§. 403). Das Gefässsystem der Amphibien gestattet diese strenge Sonderung nicht, obgleich auch hier noch die Untersuchung des Leichnames eine grössere Vermischung andeutet, als in der Wirklichkeit eingreift, weil die lebendige Verkürzung einzelne Verbindungswege unschädlich machen kann. Man findet aber in dem Embryo der höheren Wir-

belthiere Anordnungen, die den Umweg durch die Lungen abschneiden. Halten wir uns an die späteren, für uns wichtigeren Fötalzustände, so können Fig. 140 und Fig. 141 die Verhältnisse erläutern. Beide stellen die Herztheile und die Gefässabschnitte eines Mädchens, das im achten Schwangerschaftsmonate zur Welt kam und zwei Tage darauf gestorben war, in halber natürlicher Grösse dar.

Fig. 140 zeigt die aufgeschnittene und ausgespannte rechte Vorkam-

Fig. 140. Fig 141.



mer. Die Klappe *c*, Fig. 140, des eirunden Loches *d* schliesst, wie man sieht, nicht vollständig. Ein Theil des Blutes des rechten Vorhofes kann daher durch *d* in den linken übertreten. Der Strom der oberen Hohlader *e* findet seine Bahn in *f*, die ihn nach der rechten venösen Mündung *g* und mithin nach der rechten Kammer grösstentheils überführt. Der der unteren *a* dagegen gleitet eher längs der Leitungsfurche *b* nach der Gegend des eirunden Loches *c d* hin.

Eine zweite Verbindung, die den Umweg durch die Lungen beseitigt, ist in der Anordnung der grossen Schlagaderstämme gegeben. Ein Canal, der Botalli'sche Gang ([illegible] Fig. 141) vereinigt die Lungenarterie *e* mit der Aorta *f*. Ein Theil des Blutes, das die rechte Kammer *a* verlassen hat, kann daher zu dem aus der linken Kammer *b* hervorgetretenen überströmen, so wie es der beiderseitige Druckunterschied möglich macht.

§. 641. Das eirunde Loch schliesst sich nach der Geburt des Kindes, indem sich die Klappe *c*, Fig. 140, vervollständigt. Das Lumen des Botalli'schen Ganges nimmt nach und nach ab. Es ist oft schon nach den beiden ersten Lebenswochen geschwunden. Eine dichte unwegsame Masse, das Botalli'sche Band, bleibt für immer zurück.

§. 642. Ein Rest des eirunden Loches kann noch kurz nach der Geburt oder selbst im Erwachsenen in Form einer grösseren oder kleineren

Spalte ausnahmsweise vorkommen. Buckelige, in denen eine starke Verbiegung des Brustkastens die Ausdehnung der Lungen wesentlich beschränkt, bieten diesen Fehler häufig dar. Die Abnormität, die übrigens in der Leiche grösser erscheint, als sie im Leben durchgriff, führt zu keinen unmittelbar auffallenden Störungen, weil geringe Mengen venösen Blutes dem arteriellen im ungünstigsten Falle beigemengt werden.

Fälle, in denen nur eine Vorkammer und eine Kammer vorhanden sind, gestatten keine anhaltende Lebensdauer. Wenn dagegen die Scheidewand der Vorhöfe oder der Kammern mangelhaft ist, grosse Verbindungswege die Lungenschlagader mit der Aorta vereinigen, oder eine Hauptarterie, die den Lungen- oder den Körperkreislauf versorgt, ihr Blut aus beiden Kammern bezieht, so kann das Kind trotz dieser bedeutenden Störungen heranwachsen. Das Schlagaderblut wird seine gewöhnliche hochrothe Farbe nicht darbieten. Die dunklere Blutmasse schimmert in halbdurchsichtigen Gebilden, wie der Bindehaut des Auges, den Lippen, den Umgebungen der Nasenöffnungen, dem äusseren Ohre, den Schamlefzen, den Nagelflächen und den Fingern und den Zehen mit bläulicher Farbe durch. Man nennt daher auch das Leiden die Blausucht oder die Cyanose. Kranke der Art werden nie alt. Die heftigen Anfälle von Herzklopfen und Athembeschwerden, von denen sie häufig heimgesucht werden, und die mangelhafte Ernährung, die es zu keiner üppigen Entwickelung kommen lässt, machen sie zu allen bedeutenderen körperlichen Anstrengungen unfähig. Die meisten sterben in früherem oder vorgerückterem Kindesalter. Die wenigsten erreichen 20 bis 35 Jahre.

Wechsel der Athemluft.

§. 643. Eine Luftmasse, die eine Zeitlang der Wirkung eines vorübergehenden Blutstromes ausgesetzt bleibt, verliert nach und nach die Fähigkeit, als Athmungsmittel zu dienen. Dieser Umstand erklärt die Nothwendigkeit eines Wechsels des Respirationsmediums. Die freien Kiemen der Batrachierlarven und der erwachsenen Perennibranchiaten, sowie die Kiemenflächen des Amphioxus tragen ein Flimmerepithelium, dessen Härchen eine fortwährende Strömung in der Nachbarflüssigkeit unterhalten. Die Kiemen der meisten Knorpel- und der Knochenfische besitzen eine eigene Mechanik, die das Wasser an den freien Flächen ihrer Athmungswerkzeuge vorüberführt. Sollte das Gleiche für die Hohlräume der Lungen erreicht werden, so musste eine Saug- und Druckpumpe die Athemluft erneuern (§. 595).

Fig. 142.

Positiver u. negativer Druck.

§. 644. Steht das Ausflussrohr ab, Fig. 142, des Behälters cc offen, so wird die in beiden enthaltene Atmosphäre die gleiche von dem Barometerdrucke b bestimmte Spannung darbieten. Denken wir uns aber, cc erweitere sich plötzlich zu dd, so dass sein Volumen v in v' übergeht, so muss sich das in ihm eingeschlossene Gas nach Maassgabe der Raumvergrösserung verdünnen. Nennt man die jetzige Druckgrösse b', so hat man $b' = b\frac{v}{v'}$ (§. 64). b' ist kleiner als b, weil $\frac{v}{v'}$ einem ächten Bruche gleicht. Die Raumverdünnung erzeugt daher einen negativen Druck, weil sie einen ge-

wissen negativen Druckwerth zu dem vorhandenen hinzufügt. Der Ueberschuss h, den die äussere Atmosphäre besitzt, gleicht $b\left(\frac{v'-v}{v}\right)$. Er wächst also mit der relativen Volumensvergrösserung.

Da die wesentlichen Grundgesetze der Bewegung der tropfbaren Flüssigkeiten für die elastisch flüssigen Körper wiederkehren, so wird die Atmosphäre mit einer der Druckhöhe h entsprechenden Geschwindigkeit im Anfange einstürzen. Lassen wir alle Nebenverhältnisse unberücksichtigt, so hat man $c = \sqrt{2\,g\,h}$ als theoretische Geschwindigkeit (§. 458). Da aber h im Laufe der Ausgleichung immer mehr abnimmt, so strömt die Atmosphäre mit verzögerter Schnelligkeit ein. Soll zuletzt c Null werden, so muss auch h Null sein, d. h. es ist so viel Atmosphäre eingedrungen, dass der innere und der äussere Druck dieselben Werthe besitzen.

Stellen wir uns nun vor, eine neue Druckkraft führe den Behalter dd zu seinem früheren Volumen cc zurück, so hat man, wenn man den Innendruck mit b'' bezeichnet, $b'' = b\,.\,\frac{v'}{v}$. b'' ist jetzt grösser als b. Man erhält einen positiven Druck. Der innere Ueberschuss h' ist wieder $b\left(\frac{v'-v}{v}\right)$ oder eben so gross als der frühere äussere. Die Ausgleichung wird daher in ähnlicher Weise, aber in entgegengesetzter Richtung vor sich gehen.

Schema der Athmungsmechanik.

§. 645. Das Fig. 143 gegebene Schema kann die Athmungsmechanik noch genauer, als Fig. 142 versinnlichen. Gesetzt cc seien die Lungen mit ihrem Pleuraüberzuge und $c'c'$ die Rippenpleura, die der Bewegung der mit ihr verbundenen Brustwände folgen muss, so wird die Erweiterung des Thorax $c'c'$ nach $d'd'$ und cc nach dd führen, weil der keinen elastisch flüssigen Körper enthaltende Raum $cc'c'c$ allseitig hermetisch geschlossen ist und daher höchstens seine Form, nicht aber sein Volumen merklich ändert. Die Lungen cc folgen nach. Der negative Druck der den Thorax ausdehnenden Einathmung führt daher eine entsprechende Menge von Luft durch die Stimmritze a und die Luftröhre ab in die Lungen cc ein. Der positive der die Brust verengenden Ausathmung dagegen treibt ein entsprechendes Gasquantum längs des Abflussrohres ab heraus.

Fig. 143.

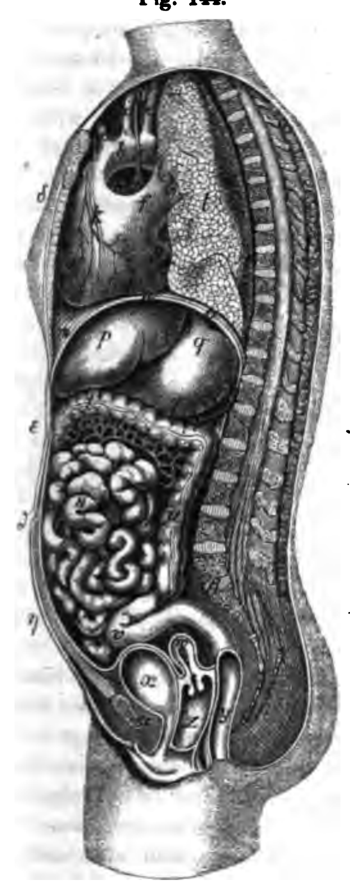


Ruhige Einathmung.

§. 646. Die ruhigen Athembewegungen gehen vorzugsweise von dem Zwerchfelle aus. Es bildet in seinem Erschlaffungszustande ein nach der Brusthöhle convexes Gewölbe, m a a, Fig. 144. Zieht es sich bei der Einathmung zusammen, so verkürzen sich seine peripherisch gelagerten Muskelmassen (*Pars sternocostalis* und *Pars lumbalis*) und suchen den sehnigen Mitteltheil (*Speculum Helmontii*) in der Richtung nach der Bauchhöhle hinabzuführen. Die Convexität des Mitteltheiles verkleinert sich und alle seinen Abschnitte werden, so sehr es angeht, nach unten hin verscho-

ben. Der Längendurchmesser der Brusthöhle nimmt auf diese Weise zu.

Fig. 144.



Das Zwerchfell selbst kann nur in dem Maasse hinuntergehen, als einströmende Flüssigkeiten den negativen Druckunterschied, der die Vergrösserung der Brusthöhle begleitet, ausgleichen. Es wird zwar mehr Lymphe (§. 381) und mehr Venenblut (§. 595) in die Brusthöhle fliessen. Die Atmosphäre aber, welche durch die Stimmritze (*i*, Fig. 149 S. 207) die Luftröhre (*k*) und die Bronchien nach den Luftröhrenverzweigungen der Lungen vordringen kann, muss sich bei der Ausgleichung der Spannung am meisten betheiligen, weil sie selbst als elastische Flüssigkeit leichter bewegt wird und weniger vorliegende Widerstände zu überwinden braucht. Die blosse Zusammenziehung des Zwerchfelles kann daher eine gewisse Menge von Athemluft mittelbar einführen.

Elastische Rückwirkung der Lungen.

§. 647. Die Einathmung, die den Umfang der Lungen vergrösserte, dehnte auch die elastischen Elemente derselben aus. Die feinsten mit keinen Knorpelringen versehenen Bronchialverzweigungen und vor Allem die Lungenbläschen, die den geringsten Widerstand leisten, werden hierbei am nachdrücklichsten verändert. Hört aber der Saugmechanismus mit der Erschlaffung des Zwerchfelles auf, so werden die gespannten elastischen Theile zu ihrem früheren Zustande zurückzukehren (§. 475) und eine ihrem Reactionsdrucke entsprechende Menge von Lungenluft auszutreiben suchen. Ein zweites ähnliches Verhältniss tritt noch von einer anderen Seite hinzu.

Reaction der Bauchdecken.

§. 648. Der Raum, der durch das Einathmen für die Brusthöhle gewonnen wird, müsste in seiner ganzen Grösse für die Bauchhöhle verloren gehen, wenn gar keine zusammendrückbare Körper in dieser enthalten wären. Die Darmgase, deren Volumen unter dem stärkeren Drucke abnimmt, können die Sachlage merklich ändern. Ihr Umfang verkleinert sich aber unter regelrechten Verhältnissen weniger, als jener Raumgewinn der Brusthöhle beträgt. Der Druck, den die Zusammenziehung des Zwerchfelles, *nno*, Fig. 144, ausübt, schiebt deshalb die Baucheingeweide vor und dehnt die elastischen Weichgebilde (*ε ϑ η*), welche die Bauchhöhle begrenzen, aus. Hört die Spannung mit der Zusammenziehung des Zwerchfelles auf, so ziehen sich die Bauchdecken elastisch zusammen, während die Darmgase zu ihrem ursprünglichen Volumen zurückzukehren suchen. Der nach

oben wirkende Druck giebt der Brusthöhle ihren früheren Rauminhalt wieder. Ein entsprechender Theil der Lungenluft muss mit der jener Druckhöhe und den Widerständen entsprechenden Geschwindigkeit austreten.

§. 649. Die Verkürzung der Muskelmassen, welche die Einathmung begleitet, erzeugt auf diese Weise die Spannung der elastischen Gewebtheile, welche die Ausathmung möglich macht. Das Zwerchfell wirkt als Saugapparat oder mit negativem Drucke nach der Brusthöhle und als Druckvorrichtung oder mit positiver Kraft nach der Bauchhöhle hin.

Erweiterung der Brusthöhle.

§. 650. Das Wechselspiel von Muskelverkürzung und Elasticität kehrt auch an dem Rippenkorbe wieder. Die Fig. 145 gegebene linke Seitenansicht des Brustskelettes der Erwachsenen wird dieses am ehesten versinnlichen.

Der Brusttheil der Wirbelsäule *abcd* bildet das Gerüst, an dem die Rippen *eg* bis *f* in ihren Köpfchengelenken aufgehängt sind. Das Brustbein $\alpha\beta$ verbindet sich unmittelbar mit dem Schlüsselbeine und den Knorpeln der sieben obersten Rippen, *eg* bis *st*. Die drei nachfolgenden Rippenknorpel *vxz* hängen unter einander und mit dem Knorpel der siebenten Rippe zusammen. Die beiden letzten Rippen *b* und *f* laufen zwischen den Bauchmuskeln spitz aus. Der grösste Querschnitt des Brustbeines fällt in die Gegend der Brusthälfte der siebenten Rippe *t*.

Fig. 145.



Die Muskelverkürzung, welche die Einathmung begleitet, kann die Rippen in ihren Köpfchengelenken heben und drehen. Bringt sie sie dabei in eine der Horizontalebene nähere Lage, so wird das Brustbein $\alpha\beta$ vorgeschoben und zwar oben (α) weniger als unten (βt). Dieser Lagenwechsel vergrössert den Querdurchmesser, der von vorn nach hinten geht ($\beta\gamma$). Die Rippen können sich aber auch in einem Bogen von innen nach aussen wenden, so dass der seitliche Querdurchmesser der Brusthöhle zunimmt. Die erste Rippe hat verhältnissmässig die geringste Beweglichkeit an dem Brustbeine und die grösste an der Wirbelsäule. Die bis zur siebenten Rippe fortwährend zunehmende Länge der Knorpel gestattet eine immer grösser werdende absolute Excursionsweite.

Beide Arten von Rippenbewegungen spannen die Knorpel. Die elastische Rückwirkung, die während der Ausathmung frei spielt, kann die frühere Capacität des Brustkastens herstellen.

Nachgiebigkeit der Weichtheile.

§. 651. Der Thorax bildet auf diese Weise ein im Ganzen und in seinen einzelnen Theilen verschiebbares Gestell, dessen Hohlraum mit der Lagenänderung der einzelnen Wandstücke verhältnissmässig bedeutend wechselt, ohne dass deshalb die Sicherheit des Schutzes, den es den Eingeweiden darbietet, gefährdet wird. Die Lücken, die zwischen den einzelnen Seitenarmen, den Rippen, übrig bleiben, die Zwischenrippen- oder Intercostalräume, werden von Weichgebilden hermetisch verschlossen. Wenn die Nachgiebigkeit dieser Theile beständig bliebe, so müsste

der Ueberschussdruck der äusseren Atmosphäre, der während der Einathmung auftritt (§. 644), Furchen in den Zwischenrippenräumen eindrücken. Die Ausspannung und die später zu erwähnende Thätigkeit der Zwischenrippenmuskeln erhöht den Widerstand jener Weichgebilde. Der Druck der Luft stösst daher hier auf eine Gegenwirkung, welche die Einsenkung schwächt oder aufhebt. Fehlt hingegen ein grösseres Stück des knöchernen Gestelles, so kann der Atmosphärendruck ungehinderter durchgreifen. Ein Mensch, dem das Brustbein, $\alpha\beta$, Fig. 145, mangelt, während die vorliegenden Weichgebilde vorhanden sind, bekommt hier eine tiefe Furche, welche die Menge der in die Lungen gesogenen Luft verhältnissmässig beschränkt, bei der tiefen Einathmung. Die Möglichkeit, die Rippen ungehinderter nach aussen zu dehnen, gleicht das Missverhältniss nicht aus.

Verschiedene Arten von Athemmuskeln.

§. 652. Man kann die Gesammtmasse der Verkürzungsgebilde, welche die Athembewegungen leiten, in drei Hauptgruppen sondern. Die eine umfasst die Einathmungsmuskeln oder die Inspiratoren, die andere die Ausathmungsmuskeln oder die Exspiratoren, die dritte endlich die Befestigungsmuskeln oder die Fixatoren. Manche Verkürzungsgebilde können zwei Abtheilungen angehören, indem sie z. B. als Fixatoren oder als Inspiratoren nach Verschiedenheit der Nebenbedingungen thätig sind.

§. 653. Der Formwechsel der elastischen Stücke, die Ortsveränderungen der Knochen und der Weichgebilde und die Schwankungen der Nervenerregung, die den Umfang und die Stärke der thätigen Muskelmassen bestimmt, führen leicht zu den mannigfachsten Trugschlüssen, wenn man die Einzelnheiten der Athmungsmechanik in den lebenden gequälten und verstümmelten Thieren zu verfolgen sucht. Die Eigenthümlichkeit des Baues gestattet aber selbst im glücklichsten Falle keine unbedingte Anwendung auf den Menschen. Dazu kommt noch, dass häufig die Verkürzungsmassen, die wir als einen einzigen Muskel anzusehen pflegen, aus verschieden wirkenden Abtheilungen bestehen. Die eine kann sogar bei dem Ein- und die andere bei dem Ausathmen oder der Fixation thätig sein (*Serratus anticus major*, *Latissimus dorsi*, *Sacrolumbaris*).

Inspiratoren.

§. 654. Die mässig tiefe Einathmung reicht mit der Wirkung des Zwerchfelles (*Diaphragma*) und der kürzeren an die Rippen sich heftenden Muskeln (*Intercostales externi* und *interni*, *Subcostales* und vielleicht *Levatores costarum longi* und *breves*) aus. Die nachdrücklicheren Athmungsanstrengungen dagegen können noch viele der ausgedehnteren Muskelmassen für die Inspiration zu Hülfe ziehen (*Serrati anticus major*, *postici superior* und *inferior*, *Pectorales major* und *minor*, *Scaleni*, *Subclavius*, *Sternocleidomastoideus* und selbst *Cucullaris*, *Latissimus dorsi*, *Cervicalis descendens*).

Exspiratoren.

§. 655. Die elastische Rückwirkung der Bauchdecken (§. 648) genügt natürlich nicht, wenn der Ausathmungsdruck die negative Druckgrösse der vorhergegangenen Einathmung übertreffen soll (§. 644). Das Verkürzungsvermögen der Bauchmuskeln (*Obliqui abdominis externus* und *internus*, *Transversus* und *Pyramidalis abdominis*) tritt deshalb als Unterstützungsmittel hinzu. Man hat ausserdem manche Muskeln, die sonst zu den Inspiratoren

oder den Fixatoren gerechnet werden (*Intercostales externi*, *Serratus anticus major* und *posticus inferior*, *Cucullaris*, *Latissimus dorsi*, *Pectoralis major*, *Sacrolumbaris*) zum Theil als Exspiratoren aufzufassen gesucht.

Fixatoren.

§. 656. Alle Muskeln, die den Schädel, die Wirbelsäule, das Schulterblatt oder das Schlüsselbein feststellen können (*Cucullaris*, *Levator scapulae*, *Rhomboidei major et minor*, *Sacrolumbaris* und *Longissimus dorsi*, *Spinalis* und *Semispinalis cervicis* und *dorsi*, *Cervicalis descendens*, *Transversalis cervicis*, *Trachelomastoideus*, *Biventer*, *Complexus*, *Multifidus spinae*, *Interspinales*, *Intertransversarii*, *Sternocleidomastoideus*, *Deltoideus* und selbst *Triceps*, *Teretes major* und *minor*, *Biceps* und *Coracobrachialis*) versehen auch möglicher Weise die Rolle von Fixatoren für die Athmungsmechanik. Viele dieser Gebilde werden aber nur in den äussersten Fällen gebraucht, wenn z. B. ein Asthmatischer seine Athemnoth durch festes Aufstützen der Arme zu erleichtern sucht.

Störungen der Athmungsmechanik.

§. 657. Da die nachdrücklichsten Anstrengungen der Athmungsmechanik bei den grössten Widerständen des Luftwechsels in Anspruch genommen werden, so folgt, dass verhältnissmässig kleine Resultate zum Vorschein kommen, wenn die gebrauchten Mittel den grössten Umfang erreichen. Verkrümmungen der Wirbelsäule, Entartungen der Muskelmassen oder krankhafte Ablagerungen stören häufig noch dadurch, dass sie die sonst seitliche symmetrische Thätigkeit der Athemmuskeln unmöglich machen.

Athmungsarten.

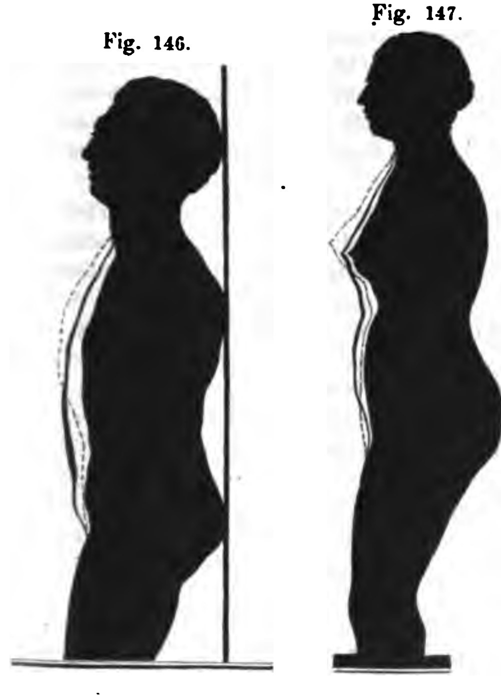
§. 658. Man unterscheidet gewöhnlich drei Haupttypen der Athmungsmechanik.

Die Bauchathmung (*Respiratio abdominalis*) beschränkt sich auf die Fälle, in denen der Brustkasten seine Stellungsverhältnisse gar nicht oder nur unbedeutend ändert, die Bauchdecken dagegen bei dem Einathmen hervor- und bei dem Ausathmen zurücktreten. Ihre Bewegung rührt dann entweder nur von der elastischen Dehnung und Rückwirkung (§. 648) oder von einer selbständigen Zusammenziehung her (§. 655). Neugeborene und jüngere Kinder pflegen diese Art von Athmungsmechanik, nach Beau und Maissiat, darzubieten. Ein lebhaftes Spiel der Bauchdecken begleitet auch tiefer greifende Athmungshindernisse. Es tritt daher z. B. während des Erstickungstodes mit besonderem Nachdrucke auf.

Die untere Rippenathmung (*Respiratio costalis inferior*) lässt die sieben unteren Rippen auffallendere Excursionen als die oberen machen. Der ganze Brustkasten hebt sich dagegen sichtlicher bei der oberen Rippenathmung (*Respiratio costalis superior*). Die Hebung verräth sich hier am nachdrücklichsten an dem obersten Abschnitte des Thorax, an dem Schlüsselbeine, der ersten Rippe und dem Handgriffe des Brustbeines. Männer pflegen die untere und Frauen die obere Rippenathmung darzubieten.

Fig. 146 und 147 erläutern diesen Unterschied nach den von Hutchinson gelieferten Diagrammen. Fig. 146 ist nach einem Manne, dessen Rücken gegen eine feste Wand gestemmt ist, und Fig. 147 nach einer Frau entworfen. Die breitere schwarze Linie bezeichnet die Schwankungen, die bei dem ruhigen Athmen zum Vorschein kommen. Der vordere Rand deutet die Verhältnisse des Ein- und der hintere die des Aus-

athmens an. Die punktirte Linie liefert ein Bild der tiefen Inspiration und die vordere Randbegrenzung der schwarzen Figur die Contouren für die Seitenansicht der nachdrücklichen Exspiration. Man sieht hier am deutlichsten, wie der Stellungswechsel des Mannes an der unteren Hälfte des Thorax am grössten ausfällt, während der Brustkasten der Frau mehr in schiefer Richtung vorgeschoben oder gleichsam um seine oberste Begrenzung gedreht wird. Die punktirten Linien können zugleich die irrige Vorstellung, dass sich die Bauchdecken bei dem gewöhnlichen tiefen Einathmen nach aussen wölben, beseitigen helfen. Dieses ändert sich dagegen bei der Erstickungsnoth und in den meisten anderen Fällen, in denen beträchtlichere Widerstände eingreifen.


Fig. 146. Fig. 147.

§. 659. Man wird eine Bauchathmung mit blosser elastischer Wirkung der Bauchdecken erwarten dürfen, wenn die Thätigkeit des Zwerchfelles für die Athmungsmechanik hinreicht (§. 646). Die §. 654 erwähnten kürzeren Rippenmuskeln reichen zur Erzeugung der unteren Rippenathmung hin. Die intensivere obere Rippenathmung dagegen fordert noch die Nebenhülfe von Muskeln, welche die Lage der höchsten Theile des Brustkastens bestimmen helfen (*Scaleni*).

Beweglichkeit der Brust.

§. 660. Der Unterschied, den der Umfang eines gegebenen Querschnittes des Thorax für die Maximalwerthe der Ein- und der Ausathmung liefert, misst die B e w e g l i c h k e i t d e r B r u s t an der in Betracht gezogenen Stelle. Man darf nicht die Werthe verschiedener Querschnitte desselben Menschen für äquivalent ansehen, weil die Lagenveränderung der einzelnen Theile des Thorax nicht bloss von oben nach unten (§. 650) überhaupt, sondern auch mit der Differenz der Muskelansätze wechselt. Alle Zahlen, die man für die Beweglichkeit des Brustkastens findet, können überhaupt nur als rohe Annäherungsgrössen betrachtet werden. Die Entwickelung der Muskeln und des Fettpolsters führt immer zu Fehlern, die von einem Menschen zum anderen, unabhängig von der Athmungsthätigkeit, wechseln. Das krankhafte asymmetrische Spiel der beiden Seitenhälften der Brust kann eine neue Irrungsquelle einführen.

Lagenwechsel der Lungen.

§. 661. Die Form- und Lagenbeziehungen der Lungen hängen von dem Füllungsgrade derselben wesentlich ab. Sie sollen bis zur sechsten oder siebenten Rippe bei dem gewöhnlichen Athmen, nach Donders. herabgehen. Tiefe Inspirationen dagegen können sie bis zur Gegend der elften Rippe ausdehnen. Ihre inneren und vorderen Ränder schieben sich dann vor den Herzbeutel (§. 438) und rücken auf diese Weise näher zusammen. Ihre oberen und hinteren Abschnitte sind verhältnissmässig am unbeweglichsten.

Residualluft.

§. 662. Die stärkste Ausathmung hinterlässt noch eine beträchtliche Gasmenge als Residualluft in den Bronchien und den Lungenbläschen (Taf. VI. Fig. XCVI.). Die Einathmung fügt eine gewisse Quantität von Atmosphäre, die sich in der übrigen Lungenluft nach und nach verbreiten kann, hinzu, während die Ausathmung nur einen Bruchtheil des Ganzen entfernt. Erst eine Reihe von Athemzügen kann auf diese Weise die gesammte Gasmasse der Lungen wechseln lassen.

Luftbewegung in den Lungen.

§. 663. Da die Summe der Querschnitte der Hohlräume von den Bronchien nach den Lungenbläschen zunimmt, so bewegt sich im Allgemeinen die eingeathmete Luft mit abnehmender, und die ausgeathmete mit wachsender Geschwindigkeit. Die Knorpelringe der grösseren und der kleineren Bronchialäste sichern dabei das Offenbleiben der Bahnen für alle Fälle. Die elastischen Fasern (Taf. III. Fig. XLIV) der Lungenbläschen leisten ähnliche Dienste.

Spannungswechsel der Lungengefässe.

§. 664. Die durch die Einathmung erzeugte Ausdehnung der Lungen spannt die in ihnen enthaltenen Blutgefässe stärker an. Da die Aspiration, welche die Folge des negativen Druckes bildet (§. 595), mehr Blut aus den benachbarten Körpervenen dem Thorax zuführt und weniger Arterienblut austreten lässt (§. 598), so werden auch die Lungen mehr Blut während der Zeit einer Einathmung, die eine Reihe von Herzschlägen umfasst, aufnehmen. Die Ausathmung muss entgegengesetzte Erfolge unter derselben Voraussetzung nach sich ziehen. Die Ansicht dagegen, dass die Dehnung der Lungengefässe Blut aus Gefässen, die ausserhalb des Brustkastens liegen, nachsaugt, widerspricht eben so sehr den anatomischen als den physikalischen Verhältnissen.

Breitenwechsel der Stimmritze.

§. 665. Die schmale Spalte der Stimmritze (*Glottis*) (zwischen *ee*, Fig. 148) erweitert sich bei dem stärkeren Einathmen. Sie kehrt zu ihrem früheren Umfange bei dem kräftigeren Ausathmen zurück. Dieser Grössenwechsel entspricht zunächst der Verschiedenheit der gleichzeitig vorhandenen Druckkräfte. Hat die bei dem nachdrücklichen Einathmen thätige Ausdehnung den negativen Druck *a* erzeugt, so wird die gleich gedachte Ausathmung die positive elastische Rückwirkung *a* (§. 647) und den noch hinzutretenden Druck *b* der Exspiratoren (§. 655) darbieten. Sie kann daher grössere Widerstände überwinden und eine Abnahme des Querschnittes durch eine erhöhte Geschwindigkeit ersetzen. Die Erweiterung der Stimmritze, welche die Widerstandshöhe

Fig. 148.

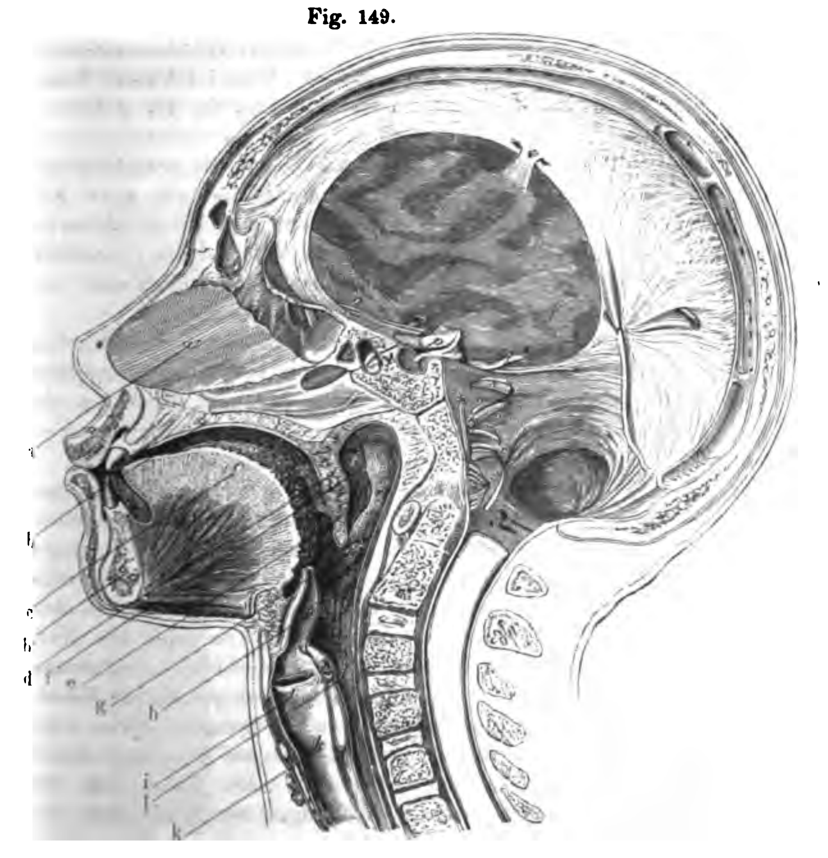
(§. 462) erniedrigt und die Durchgangsöffnung vergrössert, unterstützt auf diese Weise die schwächeren Inspirationskräfte.

Eine andere Erklärung, die man von diesen Verhältnissen gegeben hat, lässt noch gerechte Zweifel übrig. Wenn die äussere Luft bei der Inspiration einstürzt, so soll ihre Verbreitung in den Morgagni'schen Taschen, die seitlich zwischen den oberen und den unteren Stimmbändern (*ff* und *ee*, Fig. 148) angebracht sind, die letzteren wechselseitig zu nähern und die Stimmritze zu schliessen suchen. Die Erweiterung verhüte aber diesen Uebelstand. Die Verengerung, die während der Ausathmung eingreift, soll wie eine sich verschmälernde Düse bei einem Gasgebläse wirken und daher die Ausflussmenge verhältnissmässig vergrössern, indem hierdurch eine der Contraction des Strahles (§. 429) entsprechendere Form gewonnen werde. Es fragt sich sehr, ob diese Parallele richtig ist. Da übrigens die Gestalt des zusammengezogenen Strahles und mithin auch die der Düse von der Geschwindigkeit abhängen, so müsste auch die Form der Glottis mit der Schnelligkeit des Gasstromes wechseln.

Bewegungen des Kehlkopfes.

§. 666. Der Kehlkopf, *ik*, Fig. 149, geht während der tiefen Einathmung hinab und bei starkem Ausathmen hinauf. Die Excursionen die-

Fig. 149.



ser Bewegung, die von der Muskelverbindung des Kehlkopfes und des

Zungenbeines mit dem Brustbeine (*Sternothyreoideus* und *Sternohyoideus*, γ, Fig. 9, S. 43) abhängt, fallen kleiner als bei dem Schlingen (§. 152) aus. Der Schlund erweitert sich, nach Stilling, während der tieferen Einathmung.

Athmen durch Mund und Nase.

§. 667. Die Athemluft kann zweierlei Wege oberhalb des Kehldeckels (*h*, Fig. 149) einschlagen. Sie geht durch den Schlundkopf *g*, zwischen der Zunge *c* und dem harten und weichen Gaumen *bde* und endlich zwischen den Lippen *aa* heraus oder gelangt durch die Choanen *f* in die Nasenhöhle *a'*, um zu den Nasenlöchern zu entweichen. Wir athmen daher durch den Mund, die Nase oder durch beide zugleich. Wir können, wie es scheint, nur einen der genannten Wege ohne weitere Vorbereitung ausschliesslich gebrauchen, weil die Einstellung des weichen Gaumens (§. 159) den nöthigen Abschluss vermittelt.

Spiel der Gesichtsmuskeln.

§. 668. Das Spiel einzelner Gesichtsmuskeln begleitet die tieferen Respirationsbewegungen. Athmen wir mit der Nase ein, so treten die Nasenflügel weiter nach aussen (*Levator alae nasi proprius* und *Dilatator narium posterior*, unter *d*, Fig. 9, S. 43). Die anhaltende Ausathmung lässt sie noch längere Zeit in diesem Zustande verharren oder in ihre frühere Lage durch die elastische Reaction der Knorpel bald zurückkehren. Alle Muskeln, welche die Mundspalte vergrössern (§. 139), können für die nachdrücklicheren Einathmungsbewegungen, wie sie bei dem Heben schwerer Lasten, dem starken Gebrauche der Bauchpresse (§. 177) oder in der Athemnoth vorkommen, in Anspruch genommen werden.

Körperbewegungen bei dem Athmen.

§. 669. Da sich die zahlreichen Athemmuskeln an die verschiedensten Skeletttheile heften, so darf es nicht befremden, dass fast der ganze Körper eines stehenden Menschen verrückt wird, wenn man ihn möglichst tief ein- oder ausathmen lässt. Die Brust, der Unterleib und die obere Hälfte der unteren Extremitäten gehen bei der tiefen Inspiration weiter nach vorn, während der Kopf nach hinten und oben zurückzuweichen pflegt.

Gähnen und Schluchzen.

§. 670. Das Gähnen und das Schluchzen bilden eigenthümliche Abarten der Einathmung. Jenes besteht aus einer langsamen Inspiration, der eine kürzere Ausathmung nachfolgt, dieses dagegen aus einem oder mehreren stürmischen Stössen, welche die krampfhafte, plötzlich beschleunigte Thätigkeit des Zwerchfelles erzeugt.

Anhauchen, Husten etc.

§. 671. Das Anhauchen beruht auf einer lebhafteren, von einer schwachen Tönung begleiteten Ausathmung. Kräftige, laute Exspirationsstösse bedingen den Husten. Die Ursachen seiner verschiedenartigen Tönungen werden uns bei der Betrachtung der Stimmbildung klar werden. Die Gewalt des Exspirationsstromes kann Körper, die sich in den Athmungswegen befinden, bei dem Husten, dem Räuspern oder dem Niesen fortreissen. Das Gurgeln kommt durch wiederholte Ausathmungsstösse und das Lachen durch diese und passend eingeschaltete Einathmungen zu Stande. Die verschiedensten Athembewegungen, starke, kurze Exspirationen und krampfhafte Inspirationen können bei dem nicht immer von Thränenfluss begleiteten Weinen auftreten. Die Laute, die das Schnarchen erzeugen, rühren von Schwingungen der Wände der verengten Ausgänge und zwar vorzugsweise von denen des weichen Gaumens her.

§. 672. Das gewöhnliche Ein- und Ausathmen liefert schon Geräusche, welche das auf die Kehlkopfsgegend gesetzte Hörrohr (§. 442) mit Leichtigkeit erkennen lässt. Die Luft pfeift hier bei dem Durchtritte durch die Stimmritzenspalte, während die Resonanz des Kehlkopfes die Tönung verstärken kann. Haben sich Schleimmassen in den Athemwegen angehäuft, so hört man Rasselgeräusche. Ihre an den verschiedenen Stellen wechselnde Stärke macht es möglich, ihre Aufenthaltsstelle anzugeben. Verengerungen durch halbfeste oder dichte Ablagerungen verrathen sich durch pfeifende oder zischende Geräusche. Wie im Kehlkopfe, so hallt auch die Stimme in grösseren Höhlen, welche die Vereiterung der Lungen erzeugt hat, lebhaft wieder. Gleitet ein Theil der sich dehnenden oder zusammensinkenden Lungen an unebeneren Ausschwitzungen dahin, so kann sich dieses durch eigenthümliche Reibungsgeräusche verrathen.

Athmungsgeräusche.

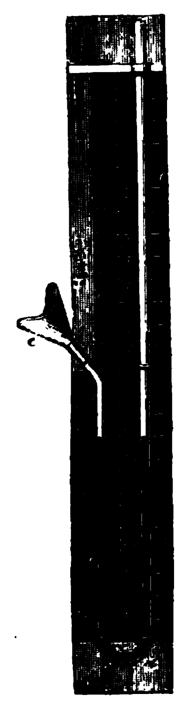
§. 673. Klopft man an einen dichten Behälter, so wechselt der Ton mit der Verschiedenheit der Inhaltsmassen. Die Percussion kann daher auch über die Zustände der Brust- und der Unterleibseingeweide Aufschluss geben. Die dichte Lebermasse liefert dumpfe und der mit Gasen gefüllte Magen helle Töne. Das Herz und die Lungen führen zu einem ähnlichen Unterschiede. Sind dagegen einzelne Lungenbezirke durch Ausschwitzungsmassen verstopft, so verrathen sie sich natürlich durch dumpfere Tonbildungen.

Percussion.

§. 674. Ein Manometer kann die positive oder negative Druckgrösse der Athmungsluft angeben. Fig. 150 zeigt eine solche Vorrichtung, das Pneumatometer, das im Wesentlichen mit dem Blutkraftmesser (§. 491) übereinstimmt. Der negative Druck der Einathmung hebt die Quecksilbersäule in dem kürzeren Schenkel *c* und der positive der Ausathmung in dem längeren *b*. Der doppelte Werth des Ausschlages (§. 494) bestimmt die Druckhöhe, vorausgesetzt, dass das Mundstück *c* den Lippen hermetisch anliegt und die Widerstände keine störenden Dichtigkeitsveränderungen der vorliegenden Athemluft möglich machen. Die Pendelschwankungen der in Bewegung gesetzten Quecksilbersäule (§. 496) werden positive oder negative Fehler je nach der Richtung der interferirenden Drucke erzeugen. Da das gewöhnliche ruhige Athmen nur geringe Drucke liefert, so verfährt man zweckmässiger, wenn man bei der Untersuchung desselben Wasser statt des Quecksilbers gebraucht. Die Ausschläge fallen dann 13,6 Mal grösser aus.

Pneumatometer.

Fig. 150.



§. 675. Man misst hier verschiedene Grössen, je nachdem man nur durch den Mund athmet oder den Weg durch die Nase gleichzeitig offen lässt. Man hat den vollen Athemdruck in dem ersteren Falle, indem das Quecksilber wie eine bewegliche Scheidewand vor der alleinigen Ausgangsöffnung liegt. Kann man den durch die Widerstände und die Gascompression erzeugten Verlust unbeachtet lassen, so giebt die Ver-

schiebung der Quecksilbersäule den zur Wirkung kommenden negativen oder positiven Druck, der die Ein- oder die Ausathmung bedingt. Lässt man dagegen den Ausweg durch die Nase offen, so wird sich die Sache zum Theil ähnlich verhalten, wie wenn ein Blutkraftmesser in einen der beiden Gabelzweige einer Arterie endständig eingefügt worden (§. 498). Man hat nur den Seitendruck des nach der Nase übertretenden und hier frei ausströmenden Gases, wenn kein Widerstand und keine Reflexion einen Theil des Stromes nach der Mundhöhle treiben. Da aber die unwillkürliche oder willkürliche Einstellung des weichen Gaumens die Bewegung des Gases nach der Mundhöhle theilweise hinüberleiten kann, so kommt es bei diesem Verfahren vor, dass man höhere, ihren Verhältnissen nach unbestimmbarere Drucke erhält. Man muss daher die einseitige Athmung für genauere Untersuchungen ausschliesslich gebrauchen.

Druckwerthe bei ruhigem Athmen.

§. 676. Das möglichst ruhige Athmen liefert höchstens 1 bis 3 Millimeter Quecksilber und selbst noch weniger für die einander entgegengesetzten In- und Exspirationsdrucke. Ein halbes Centimeter übersteigt schon die Grenzen, welche die habituelle Athmungsthätigkeit darbietet. Tiefere, noch nicht anstrengende Athemzüge geben 5 bis 10 Mm. und mehr. Die Aufmerksamkeit, welche der an dem Pneumatometer arbeitende Mensch auf seine Thätigkeit richtet, lässt ihn übrigens leicht nachdrücklicher als gewöhnlich athmen. Sind die Nasenlöcher geschlossen, so nimmt er die Luft, die er früher ausgeathmet, mit der nächsten Inspiration von Neuem ein. Dieses führt aber bald zu stürmischeren Athemzügen.

Maximaldrucke des Athmens.

§. 677. Lässt man einen kräftigen Mann am Pneumatometer so stark als er kann, nach einer freien tiefen Inspiration ausathmen, so erhält man nicht selten Druckwerthe, die den Gesammtdruck des Carotidenblutes (§. 513) übertreffen. Die Grössen fallen hier vermuthlich kleiner, als sie sollten, aus, weil die den Ueberschuss liefernde Quecksilbersäule die elastischen Wände der Athmungswege weniger dehnt, als die in ihnen enthaltenen Gasmassen zusammendrückt. Athmet ein Mensch so tief als möglich am Pneumatometer ein, so kann man unerwartet hohe Druckwerthe ebenfalls erhalten.

§. 678. Die Zahlen hängen von der Entwickelung der Lungen und des Brustkastens und der Muskelstärke wesentlich ab. Grosse, kräftige und häufig auch kleinere, aber breitschulterige Menschen führen zu den höchsten Werthen. Die niedersten Druckhöhen, die ich hier in meinen Beobachtungen antraf und die an einem schwächlichen jungen Manne gewonnen wurden, betrugen — 22 Mm. für das Ein- und + 38 Mm. für das Ausathmen. Sehr kräftige Jünglinge dagegen gaben — 232 bis — 266 Mm. und + 260 bis 326 Mm. als äusserste Grenzwerthe der gesondert untersuchten In- und Exspiration. Man muss es übrigens vermeiden, mehrere kurz auf einander folgende Stösse machen zu lassen, weil dieses zu hohe Drucke liefern würde.

Athmungscurven.

§. 679. Man kann die hier in Betracht kommenden Druckschwankungen am Kymographion (§. 500) aufzeichnen lassen. Ich befestigte die Fig. 96 S. 148 abgebildete Canüle seitlich in der gespaltenen Luftröhre und verband sie mit dem Manometer, dessen Schwimmer an dem Fig. 100 gezeichneten Parallelogrammapparate angebracht war. Die Erhebung

des Quecksilbers in dem aufsteigenden Schenkel *b*, Fig. 150 S. 209, oder die Druckerhöhung der Exspiration entsprach daher einer Senkung der Curvenlinie und umgekehrt.

§. 680. Obgleich die Ausgangswege der Athemluft bei diesem Verfahren offen bleiben, so erhält man doch nicht das richtige Maass des Seitendruckes der vorüberströmenden Gasmasse. Da sich eine verhältnissmässig nicht unbedeutende Menge von Atmosphäre zwischen dem Quecksilber des kürzeren Manometerschenkels (*c*, Fig. 150 S. 209) und der Luftröhre befindet, so saugt die Einathmung auch von hier aus Gas ein. Drückt man aber die Luftröhre unmittelbar über dem oberen Ende der Canüle zusammen, so würde man den einer Athembewegung entsprechenden Gesammtdruck nur dann erhalten, wenn die Widerstände und der Dichtigkeitswechsel der Gasmassen hinwegfielen. Die bald eintretende Erstickungsgefahr ändert in diesem Falle die Stärke der thätigen Muskelwirkungen auf das Nachdrücklichste.

§. 681. Die Athmungscurven können nur im Groben anzeigen, ob gewisse äussere Nebenbedingungen merkliche Druckschwankungen erzeugt haben, oder nicht. Sie lassen häufig die Zeiten, die ein gewisser Zustand angehalten hat, besser als die unmittelbare Beobachtung erkennen. Sie liefern überhaupt bleibendere und übersichtlichere Bilder dessen, was vorgegangen ist, als andere, die Erinnerung unterstützende Hülfsmittel.

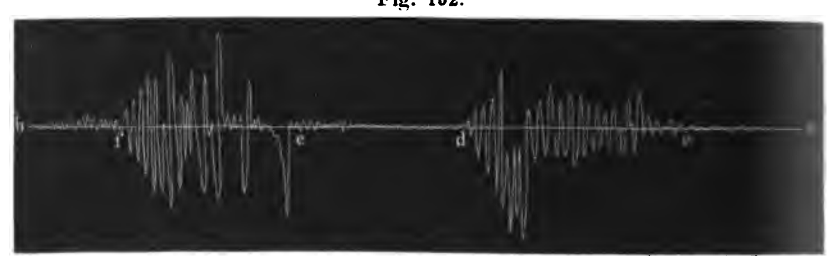
§. 682. Die Abscissen belehren wiederum über die Grösse der Zeiten und die Ordinaten über die der Drucke (§. 503). Die Störungen, welche die ungleiche Winkelgeschwindigkeit des Cylinders erzeugt (§. 501), fallen hier bei den grösseren, auf jede Hebung oder Senkung kommenden Zeiträumen relativ kleiner als in den Blutcurven (§. 506) aus. Die Pendelschwankungen des Quecksilbers dagegen können sich aus dem gleichen Grunde häufiger wiederholen und nachdrücklicher verrathen.

§. 683. Fig. 151 giebt ein Bild der einfachsten Verhältnisse aus einem Kaninchen mittlerer Grösse. *ac* ist die ursprünglich gezogene Abscissenlinie, die später bis *b* verlängert worden (§. 503). *cd* entspricht den geringen Druckschwankungen der ruhigen Respiration bei freien Athemwegen, *de* denen der Athemnoth, als die Luftröhre oberhalb der Canüle zusammengedrückt wurde. Eine merkliche Nachwirkung, die *ef* angiebt, erhielt sich noch nach der Wiedereröffnung der Durchgangsbahn, bis endlich der Normalzustand *fb* von Neuem auftrat. *ab* entspricht 118 Secunden, und die sämmtlichen Ordinaten sind $2^1/_2$ Mal kleiner, als im Original gezeichnet.

Fig. 151.

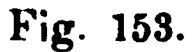
§. 684. Fig. 152 gehört einem grossen Kaninchen an. Die Abscissenlinie *ab* ist hier vor der Oeffnung des Hahnes (*h*, Fig. 99 S. 150) vollständig durchgezogen worden.

Fig. 152.



ac giebt die Drucke des ruhigen Athmens bei offenen Luftwegen und *cd* die bei comprimirter Luftröhre an. Man darf dabei nicht übersehen, dass die unter der Abscissenlinie befindlichen Curvenstücke der Ausathmung und die über ihr befindlichen der Einathmung entsprechen (§. 679). *de* gehört der Zeit, in welcher wieder die Athmungswege frei gegeben waren, an. *ef* wurde bei dem Schreien des Thieres, als man dessen Armnerven mit dem Magnetelektromotor reizte, erhalten. *fb* endlich bezeichnet die nachfolgende Ruhezeit. *ab* ist während 144 Secunden aufgezeichnet worden. Die Ordinaten sind wiederum $2^1/_2$ Mal verkleinert.

§. 685. Fig. 153 kann die anhaltenden Starrkrämpfe der Ausathmungsmuskeln, welche die Einwirkung des Magnetelektromotors hervorrief, aus einer grossen Katze versinnlichen.


Fig. 153.



Eine verhältnissmässig nicht unbedeutende Menge von Schleim und Blut hatte sich in Folge der Operation in der Luftröhre angesammelt. Das Thier athmete daher von vornherein mühsamer, wie das erste Curvenstück *ac* anzeigt. Die Drähte des Magnetelektromotors wurden an die beiden Seiten der Luftröhre kurz nach dem Zeitpunkte, der *c* entsprach, angelegt und in dem *d* correspondirenden Momente fortgenommen. *de* bezeichnet die freie Zeit und *eb* die, während welcher die elektrischen Schläge abermals wirkten. *fg* zeigt einen fortwährend exspiratorischen Starrkrampf an. Der Nachlass oder die Gegenwirkung der Einathmung konnte den Druck nicht bis zu dem durch die Abscisse *ab* angedeuteten Nullpunkte bringen. Dieses kehrte später, wie *hi* lehrt, mit einzelnen Ausnahmen wieder. Die Länge entspricht 122 Secunden, die Höhen sind $3^1/_2$ Mal verkleinert gezeichnet.

Geschwindigkeit der Gasströme.

§. 686. Die gegenseitigen Beziehungen der ursprünglichen Druckhöhe, der Widerstands- und der Geschwindigkeitshöhe kehren im Allgemeinen für die Gase in ähnlicher Weise wie für die tropfbaren Flüssigkeiten (§. 455) wieder. Man berechnet hier ebenfalls die theoretische Geschwin-

digkeit nach der Gleichung $v = \sqrt{2gh}$, wenn v die Schnelligkeit des Gasstromes, g die Beschleunigung der Schwerkraft und h die Höhe der drückenden Gassäule bezeichnet (§. 458). Der theoretische Werth von v muss mit einem Geschwindigkeitscoëfficienten A, der einen ächten Bruch bei freiem Ausflusse bildet, multiplicirt werden, um die gefundene Grösse mit der Erfahrung in Einklang zu bringen. Strömt das Gas durch eine Röhrenleitung, so nimmt allmälig die Druckhöhe in geradem Verhältnisse der Länge und entgegengesetzt wie die zweiten bis vierten Potenzen der Durchmesser ab (§. 462).

§. 687. Hat man die Druckhöhe eines Gasstromes an einem mit Wasser oder Quecksilber gefüllten Manometer gemessen, so muss man sie auf die Höhe einer Gassäule von gleichem hydrostatischen Drucke für die Bestimmung der theoretischen Ausflussgeschwindigkeit zurückführen. Trockene Atmosphäre von 760 Mm. Barometer und 0° C. besitzt ein specifisches Gewicht von 0,001299075, wenn man das Wasser im Zustande seiner grössten Dichtigkeit oder bei ungefähr 4° C. als Einheit zum Grunde legt. 1 Mm. Wasserdruck entspricht daher 769,8 Mm. Atmosphärendruckes von 760 Mm. und 0° C. 1 Mm. Quecksilber dagegen giebt 10,4675 Meter Luft, wenn die Eigenschwere des Quecksilbers 13,598 beträgt. Diese Grössen ändern sich mit dem Barometerstande, der Temperatur und der Aufnahme von Wasserdämpfen, weil die Dichtigkeit der Gase unter jenen Einflüssen wechselt.

§. 688. Dieser Umstand macht auch die Geschwindigkeitsbestimmungen der Gase verwickelter als die der tropfbaren Flüssigkeiten. Der Druckunterschied ändert z. B. die theoretische Ausflussgeschwindigkeit, je nachdem er negativ oder positiv ist oder je nachdem er einen grösseren oder einen kleineren Theil des äusseren Druckes bildet. Die theoretische Schnelligkeit findet günstigere Bedingungen, wenn die äussere Atmosphäre in einen Behälter, dessen Gas verdünnter ist, strömt, als wenn eine comprimirte Luftmasse nach aussen bei demselben Barometerstande, wie früher, hervortritt. Lässt man z. B. die Nebenbedingungen der Temperatur und des Wasserdampfgehaltes unberücksichtigt, so würde die Atmosphäre, die in einen Behälter mit 260 Mm. negativen Druckes bei 715 Mm. Barometerstand einstürzt, eine theoretische Secundengeschwindigkeit von 289,65 Meter im ersten Augenblicke darbieten. Ein innerer Drucküberschuss von 260 Mm. dagegen lieferte nur 197,87 Meter. Betrüge die innere Spannung 714 Mm., wenn die äussere 715 ist, so hätte man 14,34 Meter Schnelligkeit. Ein Drucküberschuss von einem Millimeter dagegen erzeugt nur 14,32 Meter.

§. 689. Lässt man auch die Fehlerquellen, welche die am Pneumatometer erhaltenen Druckwerthe einschliessen, unbeachtet, so kann man doch aus ihnen die Geschwindigkeit der Athmungsluft im Allgemeinen nicht berechnen, weil die Grösse des von der Ausflussöffnung, der Zusammenziehung des Strahles (§. 429) und der Schnelligkeit bestimmten Geschwindigkeitscoëfficienten unbekannt bleibt und der Barometerstand, die Temperatur und der Wasserdampfgehalt für jeden gegebenen Fall ändern können. Die offene Verbindung mit der Atmosphäre lässt überdies den

Geschwindigkeit der Athemluft.

Spannungsunterschied stufenweise wechseln. Die Ausflussmengen geben aber ein anderes Mittel, die Schnelligkeit zu schätzen.

690. Geht die Gasmasse m durch den Querschnitt q in einer gegebenen Zeiteinheit durch, so liefert der Quotient $\frac{m}{q}$ die auf jene Zeiteinheit bezogene Geschwindigkeit (§. 545), wenn m in denselben Cubikeinheiten, auf deren Quadrateinheiten sich q bezieht, ausgedrückt worden. Man kann z. B. nach den später anzuführenden Thatsachen voraussetzen, dass ungefähr 200 C.C. Ausathmungsgas durch meine Stimmritze in der Secunde gingen, als ich mit einer nur geringen Verstärkung athmete. Nimmt man den Querschnitt der Glottis (§. 665) zu 28 Quadratmillimeter für den Exspirationszustand an, so hatte der Ausathmungsstrom eine Secundengeschwindigkeit von 11,11 Meter in dem Bezirke der Stimmritze.

Mengung der Athmungsgase.

§. 691. Mehrere Umstände vereinigen sich, um die neue eingeathmete Luft mit der Residualluft (§. 663) innig zu mischen. Die zur Athmung dienende Atmosphäre ist in gemässigten Klimaten kälter als die Lungenluft. Die Residualgase suchen daher in die Höhe zu steigen, die Einathmungsluft dagegen hinabzugehen. Beide bilden überdies verschiedene Gasgemenge, die sich wechselseitig diffundiren müssen (§. 330). Da aber die in den Lungenbläschen enthaltene Luft mehr Kohlensäure und weniger Sauerstoff als die übrige Lungenluft führt, so werden zahlreiche Diffusionsströme die einzelnen Abtheilungen der Residualluft zu allen Zeiten durchsetzen. Berücksichtigt man nun noch die Bewegungen, welche die Thätigkeit der Flimmerhaare und die Erzeugung und die Vertheilung der Wasserdämpfe nach sich ziehen, so sieht man, dass eine ganze Reihe von Bedingungsgliedern die alte und die neue Lungenluft innig zu mengen sucht.

Wechsel der Athemluft.

§. 692. Diese Verhältnisse bedingen es, dass ein vollständiges Aequivalent Residualluft statt der neuen eingeathmeten Luft mit jeder Exspiration davon geht, sobald nicht die Dauer der Athemzüge zu klein und die Temperatur der Atmosphäre zu niedrig ausfällt. Das benutzte Gas wird auf diese Weise von frischem ersetzt, das während längerer Zeit in den Lungen verweilen und dem vorüberströmenden Blute dienen kann.

Wärme des Athems.

§. 693. Athmet ein Mensch in einer mässigen Temperatur, z. B. von 15 bis 25° C., so nähert sich die Wärme seiner Exspirationsluft der der inneren Körpertheile. Der Durchschnittswerth beträgt 37°,5 C., während die Eigenwärme der Lungen etwas höher ausfällt. Haben wir uns dagegen längere Zeit in der Kälte aufgehalten, so sinkt auch die Temperatur der Ausathmungsgase. Das Thermometer pflegt zu niedere Zahlen anzugeben, weil die Abkühlungsmomente der Umgebung mit grösserem Nachdruck eingreifen. Diese Fehlerquelle fällt jedoch in irgend sorgfältigen Beobachtungen kleiner aus, als der wirklich vorhandene Unterschied. Ich fand z. B. nur + 29°,8 C. bei — 6°,3 C. Haben wir längere Zeit in sehr kalter Luft zugebracht, so erhält sich auch noch der tiefere Wärmegrad der Ausathmungsluft eine Zeit lang, nachdem wir in das warme Zimmer getreten. Die Ausathmungsluft kann dann im Anfange kälter, als die eingeathmete erscheinen. Athmete ich eine Zeit lang Luft von 41°,9 C. ein, so zeigte das Ausathmungsgas nur 38°,1 C. oder nicht ganz die Wärme, welche den Lungen zukommt.

§. 694. Die Temperatur der Exspirationsgase ist hiernach verhältnissmässig beständiger als die der äusseren Atmosphäre. Die Einathmungsgase erwärmen sich in den Lungen, so lange ihre frühere Temperatur beträchtlich niedriger als die der Athmungsorgane bleibt. Hatte das Umgekehrte stattgefunden, so stossen wir auf Abkühlungserscheinungen.

§. 695. Die Temperatur der Athemluft sucht sich in jedem Falle mit der der Lungen auszugleichen. Die ursprüngliche Temperatur des Einathmungsgases, sowie die Wärmecapacität im Vergleich zu der des Blutes und der Lungen, die relative Menge der neuen und der Residualluft, die Dauer des Aufenthaltes, die ursprüngliche Wärme der Athmungswerkzeuge, die Menge und Beschaffenheit des durchströmenden Blutes und die Quantitäten der ausgeschiedenen Dämpfe werden es hauptsächlich bestimmen, wie sich die Temperaturverhältnisse gestalten. Einige andere Nebenbedingungen dagegen können nur in sehr untergeordnetem Grade eingreifen. Hierher gehört z. B. die Absorptionswärme, die bei dem Eintritte des Sauerstoffes in das Blut frei wird. Da die Kohlensäure eine Wärmecapacität von 0,221 besitzt, wenn man die des Wassers zur Einheit nimmt, der entsprechende Werth des Sauerstoffs aber 0,236 beträgt, so muss es ziemlich gleichgültig bleiben, ob die erstere den letzteren in den Athmungsgasen ersetzt.

§. 696. Wir werden sogleich sehen, dass die Menge von Wasserdämpfen, welche in die Athemluft übertritt, mit der Trockenheit und der niederen Temperatur der Einathmungsluft unter sonst gleichen Nebenbedingungen zunimmt. Die von der Verdunstung gebundene Wärme geht aber für die Temperaturerhöhung der Ausathmungsluft verloren. Man kann daher im Allgemeinen behaupten, dass die Temperatur der Einathmungsluft relativ weniger erhöht wird, wenn wir uns in kalter oder in sehr trockener Atmosphäre befinden. Enthält das Blut eine reichlichere Menge anderer Körper, die in Dunstform entweichen, so wird hierdurch die Temperatur herabgesetzt. Die Aetherdämpfe, welche nach der Aethereinathmung mit der Athmungsluft davongehen, erniedrigen daher die Wärme der Athmungsgase.

Fig. 154.

Wasserdämpfe der Athemluft.

§. 697. Haucht man eine kühle Glasplatte an, so schlagen sich an ihr Wassertröpfchen nieder. Der Athem erzeugt auffallende Nebel in kalter Winterluft. Man sieht hieraus, dass die Athmungsluft so viel W a s s e r d u n s t führt, dass ein Theil desselben bei einer selbst nicht beträchtlichen Abkühlung die tropfbar flüssige Gestalt des Wassers annehmen muss.

Dampfspannung.

§. 698. Gesetzt, wir hätten die drei Barometerröhren *b*, *b'*, *b''*, Fig. 154, mit Quecksilber vollständig gefüllt und in dem Quecksilber haltenden Gefässe *v v'* senkrecht aufgestellt, so wird die Quecksilbersäule einer jeden Röhre so lange sinken, bis ihre Höhe dem äusseren Luftdrucke das Gleichgewicht hält. Lässt man nun einen kleinen Tropfen von Wasser in *b*, von absolutem Weingeist in *b'* und von Schwefeläther in *b''* aufsteigen, so gehen zwar die Quecksilbersäulen aller drei Röhren noch mehr herunter. Ihre Höhen ändern sich aber in so ungleichem Maasse,

wie es Fig. 155 andeutet. Die Ursache liegt in den verschiedenen Spannkräften dieser Dünste.

Fig. 155.



Der Toricelli'sche Raum in den Röhren *b*, *b'* oder *b''* nimmt so viel Dämpfe der eingeführten Verdunstungsflüssigkeit, als der Druck und die Temperatur gestatten, auf, d. h. er sättigt sich mit diesen Dünsten für den vorhandenen Wärmegrad. Diese Dünste besitzen aber verschiedene Spannkräfte *t*, *t'*, *t''*. Jede von ihnen wirkt dem äusseren Barometerdruck *B* entgegen. Nur ist der Werth *t* des Wassers kleiner als *t'* des Weingeistes, und *t'* kleiner als *t''* des Aethers. Der Druck *B* — *t*, der in *b* eingreift, bleibt daher grösser als *B* — *t'*. und dieser Werth wiederum grösser als *B* — *t''*. Die Höhen der Quecksilbersäulen sinken also um so mehr, je stärker die Spannkraft einer Dampfart ausfällt.

Wir wollen annehmen, wir hätten an einem am Meeresspiegel liegenden Orte und bei einer Temperatur von + 10° C. gearbeitet. Die Säulen aller drei Röhren werden dann 760 Mm. höher, als der Quecksilberspiegel in *v v'* gestiegen sein. Finden wir später, dass *b* nur 750,5, *b'* 742 und *b''* 523 Mm. geben, so schliessen wir, dass die Spannkraft der Wasserdämpfe 9,5, die der Weingeistdämpfe 18 und der Aetherdünste 237 Mm. bei +10° C. betragen. Eine höhere Temperatur würde grössere und eine niedere kleinere Spannkräfte geliefert haben.

§. 699. Lassen wir einen Tropfen Kochsalzlösung in die Röhre *b* emporsteigen, so finden wir, dass sich die Quecksilbersäule von Neuem hebt, weil die von einer Salzlösung erzeugte Dampfspannung die von dem reinen Wasser gelieferte nicht erreicht. Der Unterschied nimmt mit der Verdünnung der Lösung und wahrscheinlich auch mit der Temperaturerhöhung ab.

§. 700. Kennt man das Volumen, den Druck und die Temperatur einer Gasmasse, so lässt sich nach den Spannungstabellen berechnen, wie viel Gewicht Dampf sie im Maximum der Sättigung aufnimmt. Die Menge des sättigenden Dampfes lässt umgekehrt auf das Volumen zurückschliessen.

Dampfsättigung.

§. 701. Trockene Luft, die in kleinen Blasen durch Wasser streicht, sättigt sich rasch mit Wasserdampf in dem der Temperatur entsprechenden Maasse. Lässt man sie durch eine Menge von schmalen und nassen Gängen, z. B. eines Schwammes dringen, so wird die Sättigung noch schneller erreicht.

Dampfsättigung der Athemluft.

§. 702. Die untergeordneten Bronchialverzweigungen und die Lungenbläschen liefern feinere Hohlräume, als ein vorgelegter Schwamm. Ihre Gesammtsumme bietet eine sehr grosse, vom Blute stets nass gehaltene Oberfläche dar. Rechnet man nun noch hinzu, dass die eingeathmete Luft während der Dauer einer Reihe von Athemzügen in den Lungen verweilt, so kann es keinem Zweifel unterliegen, dass sie mit Dämpfen gesättigt die Lungen verlassen wird. Nur sehr kurze Athemzüge, in denen die Einathmungsluft sogleich wieder zu einem grossen Theile davongeht, können hier Ausnahmen herbeiführen.

§. 703. Die Athmungsgase führen nicht bloss Wasserdämpfe, sondern auch Dünste flüchtiger organischer Verbindungen, die an den Wänden der Athmungswege abgegeben werden. Die Schwefelsäure, durch die man athmet, röthet sich häufig, weil sie jene organischen Stoffe verkohlt. Die flüchtigen Verbindungen bedingen auch den üblen Geruch, den viele Menschen aus ihrem Munde verbreiten. Die Ursache desselben kann in krankhaften Verhältnissen der Lungen, z. B. in Schwindsüchtigen, oder in denen der Mundhöhle, wie in Leuten mit schlechten Zähnen oder unreinem Zahnfleische, liegen.

Dämpfe der Athemgase.

Der Genuss von Wein oder anderen geistigen Getränken hat häufig zur Folge, dass Weingeistdämpfe in der Athemluft davongehen. Aether oder Chloroform, das zur Betäubung eines Menschen gedient hat, dunstet oft noch Stunden lang durch die Lungen ab.

§. 704. Diese Verhältnisse ändern die Spannkraft (§. 698) und mithin auch die Volumina der Athemluft (§. 700). Man darf den Tensionswechsel nicht übersehen, wenn man die Athemluft analysirt, um die Einflüsse, welche der Weingeist, der Aether oder das Chloroform auf die Menge der ausgeschiedenen Kohlensäure ausüben, kennen zu lernen.

§. 705. Da die Ernährungsflüssigkeit und das Blut Salzlösungen bilden, so werden sie geringere Spannungen als reines Wasser bei dem Verdunsten erzeugen (§. 699). Eine einfache Betrachtung lehrt aber, dass man die hierdurch bedingten Unterschiede ohne merklichen Fehler vernachlässigen kann.

Einfluss des Salzgehaltes des Blutes.

Die Temperatur des Kochpunktes einer Flüssigkeit entspricht demjenigen Wärmegrade, bei welchem die Spannkraft ihrer Dämpfe eben so gross als der Druck des umgebenden Mediums ist. Das reine Wasser siedet daher am Meeresspiegel bei 100° C., weil dann seine Spannkraft 760 Mm. gleicht. Sein Kochpunkt liegt aus demselben Grunde bei 98°,3 C. für 715 Mm. Barometer. Eine Kochsalzlösung siedet erst bei höherer Temperatur als reines Wasser. Um aber die Verhältnisse richtig zu beurtheilen, muss man bedenken, dass die Spannkräfte der Dämpfe mit der Erhöhung der Temperatur sehr rasch steigen und z. B. schon bei 112°,2 C. $1^1/_2$ Atmosphäre betragen, wenn sie bei 100° C. einer Atmosphäre gleichen. Eine Kochsalzlösung, die 29 % Kochsalz führt, hat einen Siedepunkt von 108°,4 C., d. h. ihre Dämpfe besitzen eine Spannung von 760 Mm., wenn die Wasserdämpfe eine solche von 1009 Mm. nach der Mallet-Tredgold'schen Formel darbieten würden. Eine Kochsalzlösung dagegen, die nur 6,5 % Salz enthält, liefert einen Siedepunkt von 101° C. oder ihre Dämpfe geben 760 Mm., wenn reines Wasser 788,7 Mm. liefern würde. Man sieht hieraus, wie sehr die Spannungsunterschiede mit der Wasserverdünnung abnehmen. Da nun die Salze der Blutflüssigkeit weniger als 1 % betragen, so erhellt von selbst, dass es nur auf einem Missverständnisse beruht, wenn einzelne Forscher annehmen, dass man die Spannkräfte des Wasserdampfes nicht auf die Verhältnisse der Athemgase übertragen könne. Die hierdurch entstehenden Fehlergrössen verschwinden schon vor den Unbestimmtheiten der Temperaturbeobachtungen, wenn auch die Spannungsdifferenzen mit der Temperaturabnahme wachsen.

Dampf menge.

§. 706. Legt man 760 Mm. Druck zum Grunde, so führt ein Liter gesättigter Atmosphäre 39 Milligramm Wasserdampf bei 36°, 41 Mgrm. bei 37° und 43 Mgrm. bei 38° C. Die Wärme der Ausathmungsluft schwankt aber gewöhnlich zwischen 36° und 38° C., wenn die der Atmosphäre 15° bis 25° C. beträgt. Nimmt man an, dass die Ausathmungsluft eine Temperatur von 37°,5 C. immer besitzt, so wird man z. B. 0,003 Grm. Wasserdampf weniger, als dem Sättigungsgrade entspricht, für jedes Liter zu finden glauben, wenn die Wärme nur 36° C. betrug. Dieser Fehler ist ebenfalls gemacht worden.

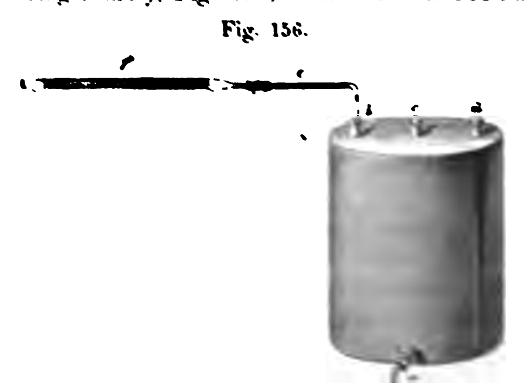
Dampf der Athemluft.

§. 707. Es ergiebt sich aus dem eben Dargestellten, dass man nicht im Allgemeinen bestimmen kann, wie viel Wasserdämpfe unser Körper in den Lungen abgiebt. Ist die eingeathmete Luft vollkommen trocken, so wird sie Wasserdünste in jedem Falle aufnehmen. Strömt sie mit Wasserdünsten für ihre Temperatur gesättigt ein, so empfängt sie noch mehr Wassergas in den meisten Fällen, weil sie sich höher erwärmt. Eine Ausnahme kann nur dann stattfinden, wenn die mit Wasserdünsten gesättigte Atmosphäre in heissen Klimaten oder in physiologischen Versuchen wärmer als die Lungen ist und deshalb bei dem Athmen abgekühlt wird. Hat endlich das Einathmungsgas das Sättigungsmaximum nicht erreicht, so wächst der Wasserdampfverlust unseres Körpers mit der Erwärmung der Athemluft stärker, als wenn die Atmosphäre möglichst feucht eingeführt worden. Denkt man sich aber, die Inspirationsluft sei höher als die Athmungswerkzeuge temperirt und werde in den Lungen abgekühlt, so können hier alle möglichen Fälle vorkommen. Ist die Wärme der Einathmungsluft t und die des Ausathmungsgases $t - a = t'$, so wird gar keine Veränderung eingreifen, sobald die Atmosphäre so viel Wasserdampf enthält, als das t' entsprechende kleinere Luftvolumen zur Sättigung nöthig hat. Ist mehr vorhanden, so schlagen sich Wasserdünste in den Athmungswegen nieder. Stehen hingegen weniger Dämpfe zu Gebote, so muss noch der Rest von dem Blute und der Ernährungsflüssigkeit geliefert werden.

Wassergehalt der Gase.

§. 708. Man bestimmt die Menge von Wasserdampf, die eine Volumens- oder eine Gewichtseinheit der eingeathmeten Atmosphäre enthält, indem man sie durch Chlorcalcium, Schwefel- oder Phosphorsäure leitet. Die Vorlagsröhre *f*, Fig. 156, oder das **Wassereudiometer** wird zu diesem Zwecke mit kleinen Bruchstücken von Chlorcalcium gefüllt. Will man Schwefel- oder Phosphorsäure gebrauchen, so tropft man sie in *f* ein, nachdem Stückchen von Bimsstein, kleine Glasscherben oder am besten lockere Ballen von Haarasbest in das Rohr gebracht worden. Man verbindet hierauf das Wassereudiometer *f* mit dem Kniestücke *e* und dieses mit

Fig. 156.



dem mit Wasser gefüllten Aspirator. Oeffnet man den Hahn a, so saugt der Abfluss des Wassers eine äquivalente Menge von Atmosphäre durch das Röhrensystem fe in den Aspirator nach. Das Chlorcalcium, die Schwefel- oder die Phosphorsäure halten die Wasserdämpfe in f zurück. Das Gas sättigt sich aber später wieder mit Wasserdünsten, weil die Innenwände des Aspirators befeuchtet sind.

Dieses vorausgesetzt, so sei der äussere Barometerstand b, die Temperatur t, der Ausdehnungscoëfficient der Luft, d. h. die Grösse, um welche ihr Volumen für je einen Grad Wärmewechsel zu- oder abnimmt, α, die Spannkraft der Dämpfe bei jener Temperatur s, und das Volumen des abgelaufenen Wassers oder das äquivalente, in dem Aspirator hinzugekommene Volumen v'. Man nennt nun das Normalvolumen v dasjenige, auf welches man die Volumina verschiedener Versuche zurückführt, um sie unter einander vergleichbar zu machen. Die Wahl desselben ist natürlich der Willkür anheimgestellt. Man nimmt gewöhnlich hierzu vollkommen trockenes Gas von 760 Mm. Barometer und 0° C. Da nun die Gasvolumina nach Maassgabe der Ausdehnungscoëfficienten bei der Erwärmung vergrössert und der Abkühlung verkleinert werden, in umgekehrtem Verhältnisse der auf ihnen lastenden Drucke wechseln (§. 64), und die Spannkräfte als negative Drucke dem Barometerdrucke entgegenwirken (§. 698), so hat man $v = v' \cdot \frac{b - s}{b' (1 \pm \alpha t)}$, wenn b' den für das Normalvolumen angenommenen Barometerstand, also 760 Mm. in unserem Falle, bezeichnet. Der Werth von α gleicht 0,003665 für jeden Celsiusgrad und für atmosphärische Luft. Man nimmt $1 + \alpha t$, wenn der Versuch bei einer Temperatur über 0°, und $1 - \alpha t$, wenn er unter 0° C. angestellt worden.

Giebt eine Maasseinheit Normalgas m Gewichtseinheiten, so wird das in den gleichen Maasseinheiten ausgedrückte Normalvolumen v das Gewicht mv haben. Hat aber das Wassermanometer das Gewicht w von Wasserdämpfen aufgenommen, so müssen diese $100 \cdot \frac{w}{mv}$ in Gewichtsprocenten betragen.

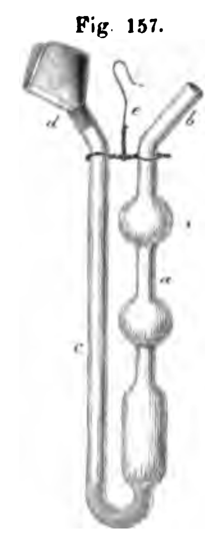
Die Tensionstabellen zeigen, wie viel Gewicht Wasserdampf nöthig ist, um ein bestimmtes Luftvolumen mit Wasserdunst für eine gegebene Temperatur zu sättigen. Wir haben unser Normalvolumen nur auf das der gegebenen Temperatur- und Druckgrösse entsprechende Volumen trockener Luft zurückzuführen, um den Sättigungsgrad der geprüften Atmosphäre kennen zu lernen.

§. 709. Dieses einfache Verfahren kann allein über den Wassergehalt der Luft mit Sicherheit belehren. Der Gebrauch der Hygrometer oder der Psychrometer liefert immer ungenaue Resultate. Physiologen und Aerzte, welche die Einflüsse der Luftfeuchtigkeit auf einzelne Lebensthätigkeiten mittelst jener Apparate verfolgen wollten, befanden sich in derselben Lage, wie die Meteorologen, die sich ihrer zu bedienen pflegen. Sie erhielten zwar viele, aber durchgehends unzuverlässige Bestimmungen, die keine sicheren Folgerungen gestatten können.

Wasserdämpfe des Athems.

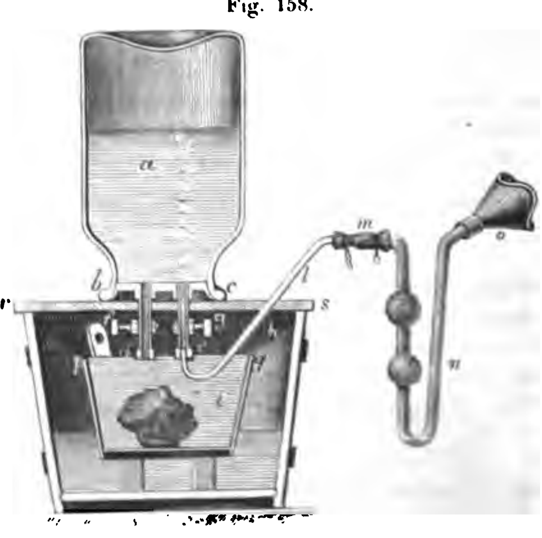
§. 710. **Die Wassermenge der Ausathmungsluft** lässt sich nach einem ähnlichen Verfahren bestimmen. Die Umbiegung der Athemröhre *cab*, Fig. 157, enthält so viel Schwefelsäure, als die wagerechten Linien andeuten. Athmet man durch die Nase ein und durch das Mundstück *d* aus, so giebt die durch *cab* streichende Luft ihre Wasserdämpfe an die Schwefelsäure ab. Der Haken *e* dient, um das Athmungsrohr an dem Wagebalken statt der einen Schale aufzuhängen und die Gewichtszunahme desselben zu ermitteln. Sie entspricht der Gewichtsmenge von Wasser, das mit der Ausathmungsluft während der Respirationszeit davon gegangen.

Fig. 157.



§. 711. Da ein gegebenes Luftvolumen von bestimmter Temperatur eine bekannte Maximalmenge von Wasserdampf aufnehmen kann (§. 700), so wird der Vergleich der Menge von Wasser, welche die Ausathmungsluft enthält, mit dem Volumen derselben bei ihrer ursprünglichen Temperatur entscheiden lassen, ob sie mit Wasserdampf gesättigt war oder nicht. Die Fig. 158 abgebildete Vorrichtung eignet sich zu dieser Art von Prüfungen. Man athmet durch das Mundstück *o* aus. Das Gas streicht dann durch die mit Schwefelsäure versehene Athmungsröhre *n* und gelangt hierauf durch *l* nach der Athmungsflasche *bc*, die mit ihren Hahnstücken *defg* gleich einer pneumatischen Wanne über dem Wasserbehälter *pq* aufgestellt und mit Wasser *a* gefüllt ist. Dieses läuft dann durch *d* ab, während das Gas, das sich von Neuem mit Wasserdampf sättigt, durch *e* und *a* emporsteigt. Kennt man nun das Volumen der Athemflasche bis zu einer gewissen Grenze, die man das Gas erreichen lässt, so giebt dieses das Volumen des Ausathmungsgases für eine bestimmte Temperatur. Man nimmt diese am besten so, dass das Gas weder merklich erwärmt, noch abgekühlt wird. Eine Schwankung von $^1/_2{}^0$ C. ist aber hier leicht möglich. Ebenso kann die Absorption der Kohlensäure eine kleine Fehlerquelle erzeugen. Der Gewichtsunterschied von *n* zeigt wieder die Wassermenge an.

Fig. 158.



§. 712. *a*, Fig. 158 betrug z. B. in meinen Versuchen 7320 C. C., der

gleichzeitige Barometerstand 708,6 Mm. und die Temperatur der Atmosphäre + 17° C. 7320 C. C. meines Ausathmungsgases enthielten dann 0,289 bis 0,291 Grm. Die Sättigung für 37° C. forderte 0,276 und die für 38° C. 0,292 Grm.

Hatte ich den gleichen Versuch in der Kälte bei — 6°,6 C. bis — 8°,75 C. wiederholt, so erhielt ich 0,215 bis 0,227 Grm. Die Temperatur von 31° bis 33° C. forderte aber dann 0,213 bis 0,235 Grm. Das Thermometer hatte nur 29°,8 C. angegeben, weil es nicht ganz entsprechend bei kalter Umgebung erwärmt wird und der Wasserniederschlag später Kälte erzeugt. Man sieht hieraus, dass die durch die Schwefelsäure gewonnenen Werthe richtiger als die Thermometermessungen ausfallen.

Absolute u. relative Wasserwerthe.

§. 713. Man muss zweierlei Arten von Wasserwerthen unterscheiden, den absoluten, der in der Ausathmungsluft überhaupt enthalten ist, und den relativen, den das Blut und die Ernährungsflüssigkeit mitgetheilt haben. Nur der letztere (§. 707) kann bei der Betrachtung des Stoffwechsels in Betracht kommen.

§. 714. Die uns umgebende Atmosphäre ist fast nie vollkommen trocken und nur selten, z. B. während eines Regens, mit Wasserdampf für ihre Temperatur vollständig gesättigt. Die Erwärmung wird ihr aber in jedem Falle neue Wasserdämpfe zuführen (§. 707). Wir wollen nun annehmen, die Einathmungsluft, welche + 15° C. darbietet, und das Ausathmungsgas, das + 38° C. zeigt, seien für ihre Temperaturen vollständig gesättigt, so enthalten 1000 C. C. der eingenommenen Atmosphäre 13 und 1000 C. C. ausgeführter Lungenluft 43 Milligramm Wasserdampf. Der Körper muss also 30 Milligramm für 1 Liter Luft aus seiner eigenen Masse hergeben. Wäre aber die Einathmungsluft nur zur Hälfte gesättigt gewesen, so hätte der Zuschuss 36,5 Milligramm betragen. Der absolute Wasserwerth blieb also 0,043 Grm. unter beiderlei Verhältnissen. Der relative dagegen betrug nur 0,030 Grm. im ersten und 0,0365 Grm. im zweiten Falle. Setzt man auch die Sättigung der Ein- und der Ausathmungsluft voraus, so steigt doch die Verlustgrösse unseres Körpers nicht gleichförmig mit der Erwärmung der Gase, weil die Maximalmengen der Wasserdämpfe mit den Temperaturen ungleichartig wechseln.

Menge der ausgeathmeten Luft.

§. 715. Man kann die in einer gegebenen Zeit ausgeathmete Luftmenge finden, wenn man eine mit Wasser gefüllte pneumatische Wanne von bekanntem Rauminhalte, wie sie Fig. 158 darstellt, ausbläst. Ich füllte z. B. 7320 C. C. in 12 Athemzügen, die 71 Secunden in Anspruch nahmen, bei 714,9 Mm. Barometer und + 15° C. Ein Athemzug lieferte daher im Durchschnitt 610 C. C. und eine Minute 6,2 Liter.

§. 716. Dieses Verfahren schliesst eine Reihe zum Theil bedeutender Fehlerquellen in sich. Kaltes Wasser kühlt die Athemluft ab. Sie nimmt ein kleineres Volumen bei der Messung ein und man schätzt daher die Luftmenge zu niedrig. Ein ähnlicher Fehler kann durch die Absorption der Kohlensäure, deren Wirkung von der Absorptionswärme nicht ausgeglichen wird, und die geringere Spannkraft der kälteren Gase erzeugt werden. Diese Verhältnisse bedingen es, dass sich solche einfache Vorrichtungen zu genaueren Forschungen nicht eignen und höchstens dem Arzte, der sie zu

ungefähren Bestimmungen gebrauchen will, dienen können. Das bald zu erwähnende Spirometer muss aus diesem Gesichtspunkte beurtheilt werden.

§. 717. Geht man von der Ansicht aus, dass die aus den Lungen getriebene Luft mit Wasserdampf gesättigt ist, so lässt sich das Volumen der Ausathmungsluft aus der gegebenen Wassermenge und der Temperatur derselben berechnen (§. 711). Der mittlere Wärmegrad der Einathmungsluft betrug z. B. 15° bis 18° C. und der Barometerstand 706,6 Mm. Ich lieferte durchschnittlich 0,246 Grm. Wasser für die Minute, wenn ich 12 Athemzüge machte. Dieses giebt 6,3 Liter für eine Stunde.

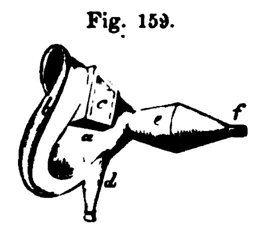
§. 718. Da der absolute Wassergehalt und die ausgestossene Luftmenge parallel gehen und die letztere von der Capacität der Lungen- und der Muskelkraft abhängt, so lässt sich schon von vornherein erwarten, dass beide mit der Körperconstitution wechseln werden. Ein junger Mann von $18^{1}/_{2}$ Jahren, 1,55 Meter Körperlänge und 43,5 Kilogrm. Körpergewicht lieferte durchschnittlich 0,243 Grm. für jede Minute. Ein zweiter dagegen von $17^{1}/_{2}$ Jahren, der 87 Kilogrm. wog und 1,71 Meter maass, hatte 0,537 Grm. Ich gab 0,267 Grm. bei 1,61 Meter Länge und 54 Kilogrm. Gewicht. Man kann daher die absolute Wassermenge der Ausathmungsluft zu 14,5 bis 32,2 Grm. für die Stunde oder zu $^{3}/_{10}$ bis $^{4}/_{5}$ Kilogrm. für 24 Stunden nach jenen Grenzwerthen anschlagen. Geht man von den für mich gefundenen Grössen aus, so hat man 385 Grm. für 24 Stunden und 0,296 Grm. für 1 Kilogrm. Körpergewicht und 1 Stunde Athmungsdauer. Der relative Werth lässt sich im Allgemeinen nicht angeben (§. 714).

Volumina der Athemluft.

§. 719. Die Erwärmung und die von den austretenden Wasserdünsten herrührende Spannungszunahme führen zu einer Volumensvergrösserung der Athmungsgase. Wird auch weniger Kohlensäure ausgeschieden, als Sauerstoff aufgenommen, so hebt dieses doch die Umfangsvermehrung nicht vollständig auf. Eine Volumenseinheit Ausathmungsluft ist daher grösser, als die ihr physiologisch äquivalente Volumenseinheit Einathmungsluft. Die gleichen Gewichtsmengen beider liefern kleinere Volumina für die eingeführte, als für die ausgeathmete Gasmenge.

§. 720. Das §. 717 erwähnte Verfahren kann ebenfalls benutzt werden, die Volumina der in einer bestimmten Zeiteinheit ein- und ausgeathmeten Luft zu vergleichen. Eine Maske *a b c*, Fig. 159, die in *b* am Kopfe luftdicht befestigt wird, hat zwei Ventile, ein Einathmungsventil in *d*, das sich bei dem Einziehen der Luft öffnet und dem Ausstossen schliesst, und ein Ausathmungsventil in *f*, das umgekehrt wirkt. Jenes führt zu einer Kugelröhre, die etwas Asbest mit Schwefelsaure enthält, und dieses zu einem Rohre, in dem eine Thermometerkugel luftdicht eingekittet worden, und das in eine mit Schwefelsäure versehene Athmungsröhre (Fig. 159) übergeht. Liesse man einen Aspirator, wie es Fig. 158 zeigt, gleichzeitig arbeiten, so erhielte man alle zur Volumensvergleichung der Ein- und der Ausathmungsluft nöthigen Werthe. Die absoluten und die relativen Wassermengen lassen sich hiernach ebenfalls bestimmen (§. 718).

Fig. 159.



§. 721. Die Art des Athmens kann einen bedeutenden Einfluss auf die Luftmenge, die in einer gegebenen Zeiteinheit eingesogen oder fortgestossen wird, ausüben. Das Volumen der Gasmischung eines einzelnen Athemzuges wächst zunächst mit der Tiefe desselben. Kamen z. B. 40 Athemzüge in der Minute vor, so lieferte ich im Durchschnitt nur etwas mehr als $^1/_7$ Liter für eine Ausathmung. Fünf Athemzüge dagegen entfernten beinahe $1^1/_2$ Liter mit jedem Ausathmungsstrome. Legt man eine grössere Zeiteinheit der Betrachtung zum Grunde, so wird die gegenseitige Beziehung der Luftmengen und der Dauer der Athemzüge den Endentscheid abgeben. 40 Athemzüge stiessen z. B. in jenem Falle 5,3 und 5 Athemzüge 7,4 Liter oder beinahe die Hälfte mehr in der Minute aus. Das tiefere Athmen führte zu einem stärkeren Druck, der mehr Gas mit grösserer Geschwindigkeit in Bewegung setzte, und liess zugleich weniger Zeit für die Zwischenpausen verloren gehen.

Lufterneuerung.

§. 722. Die gewöhnliche Durchschnittsmenge, die ein erwachsener Mann mit jeder ruhigen oder schwach verstärkten Ausathmung entfernt, gleicht ungefähr einem halben Liter oder 500 Cubikcentimeter. Nimmt man an, dass die Lungen durchschnittlich 3 Liter Residualluft bei jener Athmungsart zurückbehalten, so könnte sie im Verlaufe der nächsten 6 Athemzüge bei vollständigem Aequivalentaustausche (§. 691) erneuert werden. Dieses würde ungefähr eine halbe Minute fordern.

Vitalcapacität.

§. 723. Hat ein Mensch seine Lungen möglichst entleert und dann so tief, als es anging, eingeathmet, so wird die mit der nächsten kräftigsten Ausathmung hervorgestossene Luftmenge, welche die sogenannte Vitalcapacität der Lungen anzeigt, einen ungefähren Maassstab für die Grösse des im Leben möglichen Wechsels der Lungencapacität liefern. Die Ausbildung der Athmungswerkzeuge, die mögliche Bewegungs- und Ausdehnungsgrösse der Lungen, die Stärke der Muskelkraft, die Beweglichkeit der einzelnen Theile des Brustkastens und die Art, wie der Mensch die ihm zu Gebote stehenden Fähigkeiten gebraucht, müssen das Ergebniss unter sonst gleichen Verhältnissen bestimmen. Ist ein Theil der Lunge angewachsen, in seinen Luftwegen krankhafter Weise verstopft oder durch Eiterung zerstört, so müssen dieselben Nebenbedingungen eine kleinere Vitalcapacität liefern. Dieser Gedanke führte zu dem ärztlichen Gebrauche der Spirometer, d. h. der Gasometer, die das Volumen der ausgeathmeten Luft und bisweilen auch den Druck einfach, aber unvollkommen messen lassen.

Spirometer

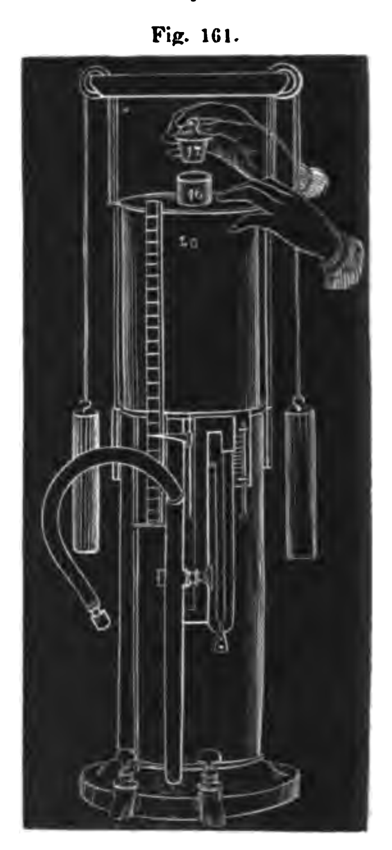
§. 724. Fig. 160 u. 161 (a. f. S.) stellen das von Hutchinson angegebene Spirometer dar. Andere, dem gleichen Zwecke dienende Apparate sind von Simon, Phöbus, Küchenmeister und Fabius angegeben worden. Fig. 160 zeigt das mit Wasser gefüllte Gasometer vor dem Eintritte des Athmungsgases und Fig. 161, nachdem dieses durch das Rohr (14 bis 19) eingetrieben worden und den äquilibrirten Deckelcylinder (20) gehoben hat. Die an dem letzteren befindliche Scale (15, Fig. 160) geht mit ihm in die Höhe. Der fixe Zeiger (23) belehrt über die Länge des Weges, der in ein entsprechendes Luftvolumen mittelst einer Capacitätstabelle verwandelt wird. Hebt man den Stopfen (17, Fig. 161) aus seiner Hülse (16) heraus, während man den Deckelcylinder (20) herabdrückt, so entweicht die Luft. Das Spirometer wird auf diese Art zu einem neuen Versuche vorbereitet. Das Ther-

mometer (18, Fig. 160) belehrt über die äussere Temperatur, und das mit

Fig. 160.



Fig. 161.



gefärbtem Weingeist gefüllte Manometer (6 und 7) soll den Spannungsunterschied der inneren Luft und der Atmosphäre anzeigen.

§. 725. Die Abkühlung des Ausathmungsgases, die Kohlensäureabsorption des Wassers und vor Allem die verschiedenen Grade von Anstrengung bei dem Ein- und Ausathmen führen schon zu Abweichungen, die auf $^1/_5$ bis $^1/_{10}$ des Gesammtwerthes steigen können, in wiederholten Prüfungen desselben Menschen. Da überdies die verschiedensten Leiden der Athemwerkzeuge und der Brusteingeweide überhaupt oder des Muskelsystemes die Vitalcapacität herabsetzen können, so darf es nicht befremden, wenn die spirometrische Untersuchung in vielen Fällen weniger leistet, als der Arzt auf den ersten Blick erwarten kann.

Andere Bestimmungsmethoden der Vitalcapacität.

§. 726. Der Gebrauch einer im Ganzen geringen Menge von Schwefelsäure liefert ein zweites Mittel, die Vitalcapacität zu bestimmen (§. 710). Die Unsicherheit liegt hier in der Unmöglichkeit, die Temperatur der Luft, die mit der einen tiefen Ausathmung davongeht, zu bestimmen. Arbeitet man aber in einer Atmosphäre von 15° bis 25° C., so wird man mindestens eben so sichere Resultate, als mittelst des Spirometers erhalten, wenn man

37° C. für die Wärme der Ausathmungsluft zu Grunde legt. Das kalte Wasser, das in allen jenen Gasometern vorhanden ist, erzeugt schon grössere Unrichtigkeiten. Die Gasabsorption erhöht sie noch mehr. Eine feine Federwage könnte die Gewichtsveränderung des Schwefelsäurerohres im Augenblicke anzeigen.

§. 727. Ein zweiter Weg, zu dem gleichen Ziele zu gelangen, läge in der Benutzung eines grossen cylindrischen Wassergefässes, mit dem eine graduirte Steigröhre verbunden wäre. Würde der Behälter mit Wasser gefüllt, so dass der Spiegel desselben bis zum Halse eines darin befindlichen Menschen reichte, so könnte eine entsprechende Tabelle die Volumenveränderungen, die das Athmen erzeugt, nach Maassgabe des Wechsels des Flüssigkeitsspiegels in der Steigröhre angeben. Dieses Verfahren, das für die Controle der Schwefelsäureprüfungen und die genaueren Temperaturbestimmungen der Athemluft (§. 712) benutzt werden kann, lässt sich natürlich in den gewöhnlichen ärztlichen Untersuchungen nicht gebrauchen.

Theoretische Vitalcapacität.

§. 728. Hutchinson, der seine Beobachtungen an 1923 Personen anstellte, gelangte zu dem Hauptresultate, dass sich der Werth der Vitalcapacität hauptsächlich nach der Körperlänge richtet. Simon bestätigte dieses nach einer 93 Individuen umfassenden Untersuchungsreihe. Fabius dagegen, dessen Erfahrungen sich auf 190 gesunde Männer und Frauen beziehen, hat den vorherrschenden Einfluss der Körperlänge in Abrede gestellt. Es lässt sich von theoretischer Seite nicht einsehen, weshalb diese eine Dimension des Körpers eine so nachdrückliche Wirkung auf die Werthe der Vitalcapacität ausüben sollte.

Legt man 2870 C. C. als durchschnittliche Grösse der Vitalcapacität für 1,520 bis 1,545 Meter Körperlänge zum Grunde, so sollten je 2,5 Meter Ueberschuss jenes Luftvolumen um 131 C. C. erhöhen. Simon nahm in dieser Hinsicht 2400 C. C. als Basis und 150 C. C. als arithmetischen Exponenten für denselben Längenzuwachs an. Die Mittelzahlen, welche die Beobachtung lieferte, wichen aber von den theoretischen Werthen hin und wieder merklich ab. Die Einzelerfahrungen boten noch häufigere und stärkere Unterschiede dar.

§. 729. Fabius und Buys Ballot suchten eine allgemeine Gleichung mittelst der Methode der kleinsten Quadrate nach einem erweiterten Gesichtspunkte zu gewinnen. Nennt man das Lebensalter v, die Rumpflänge l, den Umfang der Brust in der Höhe der Brustwarzen bei ruhigem Athmen a, die grösste Aenderung desselben während der Maxima der In- und der Exspiration oder den Beweglichkeitswerth m, so erhält man die in den entsprechenden Cubikeinheiten ausgedrückte Vitalcapacität, wenn man das Product la mit einem Coëfficienten k multiplicirt, der von der Beweglichkeitsgrösse m und dem Lebensalter v abhängt. Die Decimalen von k werden durch den Ausdruck $502 + 16{,}5\,m + 0{,}37\,m^2 - 2{,}5\,(35 - v)$ bestimmt.

Ein 23jähriger Mann ($v = 23$) hatte z. B. eine Rumpflänge $l = 65$, einen Brustumfang $a = 79$ und eine Beweglichkeitsgrösse $m = 7{,}5$ Centimeter, k glich also 0,61656. Die theoretische Vitalcapacität betrug $kla = 0{,}617 \times 65 \times 79 = 3168{,}3$ C. C. Die Erfahrung hatte 3150 C. C. geliefert. Beide Grössen stimmen aber nur in den seltneren Fällen so nahe

zusammen. Beträchtliche Unterschiede kommen häufig zum Vorschein. Ein 27jähriger Mann zeigte z. B. 4300 C. C., während die Formel 5179 C. C. forderte. Die meisten empirischen Werthe scheinen überhaupt kleiner, als die der Gleichung auszufallen.

§. 730. Es wird nie gelingen, einen allgemeinen mathematischen Ausdruck für die Vitalcapacität aufzustellen, weil manche der gebrauchten Grundwerthe ihrem Wesen nach unrichtig sind und andere nach keinen bestimmten Gesetzen variiren. Wir messen immer nur einen Querschnitt statt des Volumens des in seiner Form so eigenthümlichen Brustkastens. Die Weichgebilde, welche diesen umgeben, führen zu unbestimmbaren Fehlergrössen. Einflüsse, wie die Volumenbeziehungen der Lungen zu den übrigen Brusteingeweiden, die mögliche Excursion des Zwerchfelles und selbst der Wille und die Geschicklichkeit des untersuchten Menschen, bleiben unberücksichtigt. Rechnet man nun noch die Fehler der Temperaturveränderung und der Gasabsorption, die bei dem Gebrauche des Spirometers eingreifen, hinzu, so muss man es als ein vergebliches Bemühen ansehen, so inexacte Resultate mit den strengen Forderungen der Mathematik versöhnen zu wollen.

Aenderung der Vitalcapacität.

§. 731. Jede stärkere Füllung des Magens, Ausschwitzungen oder andere Raumbeengungen der Brusthöhle, die Verstopfung der einzelnen Lungenabschnitte durch Tuberkeln und jede Beschränkung der Lungenbewegung können die Vitalcapacität herabsetzen. Sie ist in schwangeren Frauen, nach Küchenmeister und Fabius, nicht kleiner, als vor oder nach der Niederkunft.

Volumen- und Gewichtsprocente einer Gasmischung.

§. 732. Man kann die Zusammensetzung einer jeden Gasmischung in Procenten von Hohlmaassen oder von Gewichten ausdrücken. Diese beiden Werthe weichen aber unter einander ab, wenn die einzelnen Bestandtheile des Gasgemenges verschiedene specifische Gewichte darbieten. Wechselt die Zusammensetzung, so werden sich dann die Volumen- und die Gewichtsprocente ungleich ändern. Da dieser Fall in den Athmungsgasen vorkommt und eine wesentliche Bedeutung für die richtige Beurtheilung der Zusammensetzung der Athemluft hat, so wollen wir ihn an einem Beispiele näher erläutern.

Die eingeathmete Atmosphäre führt im Durchschnitt 0,04 Volumprocente Kohlensäure, 20,96 % Sauerstoff und 79,00 % Stickstoff. 1 Liter vollkommen trockener Kohlensäure wiegt aber 1,9804 Grm. bei 760 Mm. Barometer und 0° C., während der Sauerstoff 1,4363 Grm. und der Stickstoff 1,2619 Grm. unter denselben Verhältnissen darbietet. 1 Liter Atmosphäre wird demnach 0,079 Grm. Kohlensäure, 30,105 Grm. Sauerstoff und 99,690 Grm. Stickstoff enthalten. Verwandelt man diese drei Grössen in Gewichtsprocente, so findet man 0,06 % Kohlensäure, 23,18 % Sauerstoff und 76,76 % Stickstoff.

Wir wollen nun annehmen, 100 C. C. trockener Einathmungsluft, die aus 0,04 C. C. Kohlensäure, 20,96 C. C. Sauerstoff und 79,00 C. C. Stickstoff bestehen, hätten 4 C. C. Kohlensäure in den Lungen aufgenommen und 4,7 C. C. Sauerstoff verloren, wenn man sich die ausgeathmete Luft auf den trockenen Zustand zurückgeführt denkt. Wir erhalten dann zunächst 4,04 C. C. Kohlensäure, 16,26 C. C. Sauerstoff und 79,00 C. C. Stickstoff oder 99,30 C. C.

statt 100, weil 0,7 C.C. mehr Sauerstoff verschluckt, als Kohlensäure ausgeschieden werden. Man hat daher 4,07 Volumprocente Kohlensäure, 16,38 % Sauerstoff und 79,55 % Stickstoff oder 6,11 Gewichtsprocente Kohlensäure, 17,82 % Sauerstoff und 76,07 % Stickstoff.

Stellen wir uns nun das Ganze übersichtlich zusammen, so haben wir:

	Volumenprocente			Gewichtsprocente		
	Kohlensäure.	Sauerstoff.	Stickstoff.	Kohlensäure.	Sauerstoff.	Stickstoff.
Die ursprünglichen 100 C.C. Einathmungsluft	0,04	20,96	79,00	0,06	23,18	76,76
Nachdem 4 C.C. Kohlensäure in den Lungen hinzugetreten und 4,7 C.C. Sauerstoff verschwunden sind . .	4,07	16,38	79,55	6,11	17,82	76,07
Unterschied	+4,03	−4,58	+0,55	+6,05	−5,36	−0,69

Man sieht hieraus, dass die Combination des Volumenwechsels und der Eigenschwere der einzelnen Gasmassen die Volumen- und die Gewichtsprocente in ganz verschiedenen Grössen und Richtungen ändern kann. Die Volumenprocente des Stickstoffes, der an und für sich gleich blieb, wuchsen, weil das gesammte Luftvolumen überhaupt der überwiegenderen Sauerstoffabsorption wegen abnahm. Die Gewichtsprocente desselben sanken hingegen, weil so viel von der schwereren Kohlensäure ausgeschieden wurde, dass ihre Gewichtszunahme die Abnahmseinflüsse aufwog.

Normalvolumina der Gasmischungen.

§. 733. Da die Dichtigkeiten und die Volumina der elastisch flüssigen Körper mit den ihnen zukommenden Spannkräften, den auf ihnen lastenden Drucken und den Temperaturen wechseln, so muss man Gasmischungen, die man gegenseitig vergleichen will, auf dasselbe Normalvolumen zurückführen (§. 708). Man wählt hierzu den vollkommen trockenen Zustand, 760 Mm. Druck und 0° C. Die §. 732 erwähnten Gewichte der Kohlensäure, des Sauerstoffs und des Stickstoffs setzen auch diese Nebenbedingungen voraus, damit man sogleich das Normalvolumen in Gewicht verwandeln könne.

Um die Zurückführung auf das Normalvolumen zu sichern, muss das Gas vollkommen trocken oder für seine Temperatur mit Wasserdampf vollständig gesättigt sein. Ein Mittelzustand würde die Bestimmung der Spannkraft in hohem Grade erschweren und in vielen Fällen unmöglich machen.

Nennt man v' das Volumen, das ein Gas bei dem Barometerstande b und der Temperatur t einnimmt, und ist s seine Spannkraft und α sein Ausdehnungscoëfficient für 1°, so hat man wieder für das Normalvolumen $v = v' \cdot \frac{b - s}{760 \cdot (1 \pm \alpha t)}$ (§. 708). Der Werth von α gleicht 0,003665 für

atmosphärische Luft, Sauerstoff und Stickstoff, 0,003669 für Kohlenoxyd, 0,003710 für Kohlensäure und 0,003661 für Wasserstoff.

Physiologisch wichtige Gase.

§. 734. Die Eigenthümlichkeit der gebrauchten Methoden bestimmt es, ob man einen Bestandtheil eines Gasgemenges in seinem Volumen- oder seinem Gewichtswerthe erhält. Die physiologische Eudiometrie beschäftigt sich am meisten mit dem Sauerstoff und der Kohlensäure, seltener mit dem Wasserstoff, dem Kohlenoxyd, dem Sumpfgas, dem niederen oder dem leichten Kohlenwasserstoff, dem ölbildenden Gas oder dem Doppelt-Kohlenwasserstoff, dem Phosphor- und dem Schwefelwasserstoff. Die Gewichtsbestimmungen gestatten häufig grössere Beobachtungsfehler, als die Volumenmessungen. Die letzteren haben dafür den Nachtheil, dass man nur kleine Gasmengen für die Bestimmung einzelner Luftarten, wie des Sauerstoffes, gebrauchen kann, wenn man zuverlässige Ergebnisse erhalten will.



Fig. 162.

Gewichtsanalysen der Kohlensäure und des Sauerstoffes.

§. 735. Fig. 162 kann einen Begriff geben, wie man den **Sauerstoff** und die **Kohlensäure** der Athmungsgase dem Gewichte nach findet. Das Röhrensystem *b*, *c*, *d* ist zwischen der Flasche *a*, die das Athemgas enthält, und dem mit Oel gefüllten Aspirator *f* eingeschaltet. Ein Heber *l* verbindet noch die Flasche *a* mit dem Gefässe *n*, das eine Kochsalz- oder eine Chlorcalciumlösung enthält. Man muss diese Flüssigkeiten statt des reinen Wassers gebrauchen, weil sie weniger Kohlensäure verschlucken. Die Flasche *k*, in die das Oel des Aspirators abläuft, nimmt ein bekanntes Volumen bis zu einem gewissen Feilstriche auf. *b* enthält Chlorcalcium oder Asbest mit Schwefelsäure (§. 708). *c* ist ein Sauerstoff- und *d* ein Kohlensäureeudiometer.

Hat man alle Verbindungen luftdicht geschlossen, so läuft eine gewisse

Menge von Oel nach Oeffnung des Hahnes *hi* nach *k* ab. Es wird dafür Luft aus *a* durch das Röhrensystem und Kochsalz- oder Chlorcalciumlösung aus *n* nachgesogen. Das Gas verliert seine Wasserdämpfe in *b*, seinen Sauerstoff in *c* und seine Kohlensäure in *d*. Das Stickstoffvolumen, das nach dem Aspirator *f* übergetreten, ist eben so gross, als das nach *k* abgeflossene Oelvolumen. Kennt man die Gewichtsunterschiede von *c* und *d* vor und nach dem Versuche, so hat man alle zur Ermittelung der Volumenoder der Gewichtsprocente nöthigen Werthe, wenn man den gleichzeitigen Stand des Barometers und des Thermometers berücksichtigt und die §. 732 angegebenen specifischen Gewichte für die Berechnung zu Hülfe zieht.

Sauerstoffeudiometer.

§. 736. Das Sauerstoffeudiometer enthielt früher Phosphor, der erwärmt wurde und sich daher auf Kosten des durchgehenden Luftstromes oxydirte. Baumwolle hielt die Dämpfe zurück und Asbest mit Schwefelsäure schützte vor den Irrungen, welche das Austrocknen der Baumwollenfäden herbeiführen konnte. Man bedient sich gegenwärtig eines feinen Kupferpulvers, das auf galvanischem Wege metallisch niedergeschlagen, durch Wasserstoff reducirt, zwischen Löschpapierschichten eingefüllt und mit verdünnter Schwefelsäure befeuchtet worden. Dieses Verfahren gewährt den Vortheil, dass man den Aspirator tagelang ohne Weiteres wirken lassen und überhaupt beliebig grosse Mengen von Gasmischungen untersuchen kann. Der Beobachtungsfehler kann in beiden Methoden $^1/_5$ oder $^2/_5$ % für den Sauerstoff der Atmosphäre betragen.

Kohlensäureeudiometer.

§. 737. Das Kohlensäureeudiometer führt gelöschten Kalk, der mit einer Auflösung von kaustischem Kali befeuchtet worden. Asbest und Schwefelsäure, die sich in der hinteren Abtheilung befinden, fixiren die Wasserdämpfe, welche die getrocknete Luft bei ihrem Durchtritte aufgenommen hat.

Volumensanalysen.

§. 738. Man muss alle genauen Volumensanalysen über Quecksilber machen, weil es nur wenige Gase, wie z. B. Schwefelwasserstoff, zersetzt und unendlich kleine Spannkräfte seiner Dämpfe bei gewöhnlicher Temperatur darbietet. Alle wässerigen Flüssigkeiten dagegen gestatten keine sichere Ablesung und können durch ihre Gasabsorption (§. 63) und ihre eigenthümlichen Spannkräfte störend eingreifen (§. 699). Die Fehler der Parallaxe, d. h. die Irrungen, welche die höhere oder tiefere Stellung des Auges bedingt, lassen sich am ehesten vermeiden, wenn man die Scale durch ein mehrere Fuss abstehendes Fernrohr beobachtet. Soll die Temperatur des Gases genau geschätzt werden, so muss man den untersten Theil des Thermometers in das Quecksilber der pneumatischen Wanne in der Nachbarschaft des Eudiometers versenken. Dieses einfache Verfahren liefert mindestens eben so genaue Werthe, als wenn man die Eudiometervorrichtung mit Wasser umgiebt und die Temperatur desselben bestimmt.

Eudiometer.

§. 739. Die Eudiometerröhren können nach Volumen- oder nach Längeneinheiten getheilt sein. Man jaugirt mit einer kleinen, mit Quecksilber gefüllten Maassröhre, deren Capacität durch Quecksilber, das man abgewogen hat, ermittelt worden. Die Zwischengrössen werden auf dem Wege der Interpolation bestimmt. Die Tabelle von Danger[17]) lässt die Meniscuscorrection aus dem Röhrendurchmesser finden. Der Versuch, das

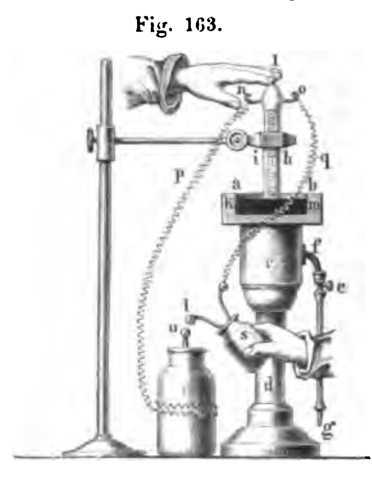
Gleiche durch den Gebrauch einer Sublimatlösung zu erreichen, führt zu keinen genauen Ergebnissen.

§. 740. Man kann die Analysenwerthe eines Gasgemenges bei variablem Volumen unter constantem oder variablem Drucke oder bei constantem Volumen unter variablem Drucke bestimmen. Die gewöhnlichen eudiometrischen Apparate arbeiten mit variablen Volumensgrössen. Das Eudiometer von Regnault und die ihm ähnlichen Vorrichtungen dagegen sind für die Beständigkeit des Volumens berechnet.

Volumeneudiometer.

§. 741. Fig. 163 zeigt eine zweckmässige Form der pneumatischen Wanne, wie ich sie zu den später erwähnten Analysen gebrauchte. *ab* sind die zur Ablesung nöthigen Glasfenster. Der obere weitere Theil *c* gestattet freiere Manipulationen, während der untere engere *d* eine tiefere Einsenkung der Eudiometerröhren möglich macht, ohne dass zu viel Quecksilber für das Ganze nöthig wird. Das Holz der Wanne ist mit einer Lösung von Guttapercha in Chloroform getränkt worden, um seine Porosität zu vermindern. Der Boden von *d* trägt eine aufgeschmolzene Schicht von Guttapercha, damit das Springen der angedrückten Röhren bei den Explosionen verhütet werde. Das aus vulcanisirtem Kautschuk bestehende, mit einem eisernen Hahne *e* und einer spitzen Glasröhre *g* versehene Abzugsrohr *feg* macht es möglich, dass der grössere Theil des Quecksilbers der Wanne ohne Verlust und rasch abgelassen wird.

Fig. 163.



Wir wollen nun annehmen, wir hätten die Eudiometerröhre *hil* mit Quecksilber vollständig gefüllt und in der pneumatischen Wanne aufgestellt. Lassen wir ein Gasgemenge in *hil* streichen, so sinkt z. B. der innere Quecksilberspiegel bis *hi*. Die äussere Luft drückt mit ihrem Barometerdrucke *b* auf den äusseren Quecksilberspiegel *km*. Die innere Quecksilbersäule, die von *hi* bis *km* reicht und deren Druckhöhe *h* sei, plus der Spannkraft *s* des Gases, muss dem Barometerdrucke *b* das Gleichgewicht halten. Dehnt sich die Gasmasse durch die Erwärmung aus, nimmt sie, wenn sie früher trocken war, Wasserdämpfe auf, so wird die Spannung *s* vergrössert und daher *h* verkleinert. Die innere Quecksilbersäule sinkt in diesem Falle.

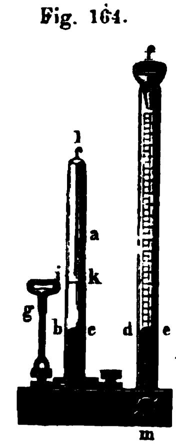
Nehmen wir jetzt einen Bestandtheil der Gasmischung durch ein Absorptionsmittel oder auf einem anderen Wege hinweg, so müsste die Spannkraft des Gasgemenges sinken, wenn das Volumen unverändert bliebe. Die innere Quecksilbersäule wird deshalb von dem Barometerdrucke *b*, der auf dem äusseren Spiegel *km* lastet, emporgetrieben. Das Gasvolumen vermindert sich auf diese Weise. Ist nun der äussere Druck *b* der gleiche geblieben, so giebt der Volumenwechsel des Gasgemenges den Rauminhalt des entfernten Bestandtheiles unmittelbar an, wenn das Absorptionsmittel weder Wasserdämpfe entfernte, noch hinzufügte (§. 698) und keine Temperatur-

veränderung eingriff. Hat zwar der Barometerdruck *b* gewechselt, nicht aber hierdurch den durch die Absorption erzeugten Volumenunterschied gerade ausgeglichen, so muss ebenfalls eine Volumendifferenz zum Vorschein kommen. Man arbeitet auf diese Weise mit variablem Volumen und constantem oder variablem Drucke.

Druckeudiometer.

§. 742. Fig. 164 ist ein einfaches Druckeudiometer, wie ich es vorzuschlagen versucht habe. Ein innerer Canal des eisernen Ansatzstückes *h* stellt eine Verbindung zwischen der graduirten Röhre *dfe* und der Eudiometerröhre *bcl* her. Man hat in *m* einen $1^1/_2$fach durchbohrten oder einen sogenannten Guericke'schen Hahn (§. 526), der bei einer bestimmten, an einer äusseren Marke kenntlichen Stellung die gegenseitige Communication von *dfe* und *blc* herstellt, sie dagegen nach einer Viertelsdrehung abschliesst und dafür einen Aussenweg nach *m* hin, durch den das Quecksilber von *dfe* abfliessen kann, frei macht. Der Ansatz der Eudiometerröhre wird unter Quecksilber mittelst des Schlüssels *g* angeschraubt, um die Messungen oder die Verpuffung vorzunehmen. Will man dagegen Absorptionsmittel gebrauchen, so schraubt man ihn los und führt jene unter Quecksilber ein.

Fig. 164.



Denken wir uns, die Eudiometerröhre *blc* sei eingeschraubt und bis *bc* mit Gas gefüllt. Der Hahn *m* liefert die gegenseitige Verbindung von *blc* und *dfe* und die Quecksilberkuppen *bc* und *de* der beiden Säulen tangiren die horizontale Ebene bei senkrechter Stellung des Apparates. Das Gas steht dann unter dem äusseren Atmosphärendrucke *b* und liefert ein diesem entsprechendes Volumen. Giessen wir aber neues Quecksilber durch *f* und *fde* hinzu, so erhalten wir einen Ueberschussdruck, der das in *blc* enthaltene Gasgemenge comprimirt. Wir setzen dieses fort, bis der innere Quecksilberspiegel von *bc* zur Marke *ik* gestiegen, und sehen, um wie viel das Quecksilber in *fde* höher, als in *bcl* steht. Diese Differenz *h* liefert den Ueberschussdruck. Das Gas nimmt das Volumen *lia* ein, wenn der Druck $b + h$ ist.

Haben wir dann einen Bestandtheil desselben hinweggenommen und wiederholen die Compression, so wird natürlich der jetzt nöthige Ueberschussdruck *h'* kleiner ausfallen. Wir erhalten die gleichen Volumina, aber ungleiche Drucke in beiden Fällen. Da sich aber die Volumina der Gase umgekehrt wie die auf ihnen lastenden Drucke verhalten (§. 64), so giebt uns der Unterschied der Druckhöhen ein Mittel, die Menge des fortgenommenen Bestandtheiles des Gasgemenges zu berechnen. Wir arbeiten mit constantem Volumen und wechselndem Drucke.

Normalvolumen der Gase.

§. 743. Alle Einzelbestimmungen einer Volumensanalyse müssen auf dieselben Werthe des Druckes, der Temperatur und der Spannkraft zurückgeführt werden, damit man sie wechselseitig vergleichen kann (§. 698). Legt man 760 Mm. Barometer, 0° C. und Null Spannkraft, d. h. den trockenen Zustand zum Grunde, so hat man für das Normalvolumen *v* die

Gleichung $v = 0,0013158 \, . \, v' \, . \, \frac{b - (h + s)}{1 \pm \alpha t}$, wenn v' das beobachtete Volumen der mit Wasserdampf gesättigten Luftmasse, b der gleichzeitige Barometerstand, h die Höhe der Quecksilbersäule im Eudiometer über dem Spiegel des äusseren Quecksilbers, s die Spannkraft der Wasserdämpfe bei der Temperatur t und α den Ausdehnungscoëfficienten (§. 708) bezeichnet. Senkt man die Eudiometerröhre so tief ein, dass die Spiegel des inneren und des äusseren Quecksilbers gleich stehen, so wird $h = 0$. Für trockenes Gas ist $s = 0$.

Absorption der Kohlensäure.

§. 744. Die Kohlensäure muss vor der Verpuffung einer hierzu geeigneten Gasmischung entfernt werden, weil die Verbrennung einen Theil der Kohlensäure zu Kohlenoxyd reducirt, wenn Wasserstoff im Ueberschuss vorhanden ist. Eine an einem Clavier- oder Platindraht geschmolzene und dann befeuchtete Kalikugel nimmt die Kohlensäure ziemlich langsam hinweg. Ist sie während des Aufenthaltes in der Eudiometerröhre trocken geworden, indem sich eine Hydratverbindung erzeugte, so hinterlässt sie auch die früher mit Wasserdämpfen gesättigte Luftmischung in trockenem Zustande.

Führt man die Kalikeule ohne Weiteres mittelst des Drahtes in die Eudiometerröhre, so streift sie häufig an einzelnen Stellen der Innenwände. Bleibt hier feuchtes Kali zurück, so erscheint später das Gas weder vollkommen trocken, noch mit Wasserdampf gesättigt. Krystallisirt das Kali an den Wänden, so trocknet es in der Folge die Gasmischung theilweise aus, wenn sie wieder, z. B. nach der Verpuffung mit Wasserdampf, gesättigt worden. Man kann daher kein Normalvolumen in beiden Fällen unmittelbar bestimmen. Ich vermeide diesen Uebelstand durch die Kronleuchtervorrichtung $b\ c\ d\ e$, Fig. 165. Die am Ende des Drahtes $a g f$ angeschmolzene Kalikeule a wird nach der Befeuchtung so, wie es Fig. 166 zeigt, umgebogen. Die Arme des Kronleuchters schützen vor der Berührung der Innenwand des Eudiometers $h\,i$.

Fig. 165. Fig. 166.

Verpuffung.

§. 745. Alle Versuche, den Sauerstoff durch Absorptionsmittel in Volumensanalysen zu entfernen, liefern unrichtige Resultate. Man muss ihn, wo es irgend angeht, durch die Verpuffung zu bestimmen suchen. Ist die zu erwartende Menge des Sauerstoffes m, so setzt man mehr als $2\,m$ Wasserstoff, den man galvanisch aus Zinkamalgam und verdünnter Schwefelsäure oder unmittelbar aus Zink und verdünnter Schwefelsäure entwickelt, hinzu und zündet das Ganze mit dem elektrischen Funken an. Beträgt das Gemenge von Sauerstoff und Wasserstoff oder das Knallgas weniger als $^1/_5$ der gesammten Luftmischung, so setzt man galvanisch bereitetes Knallgas, das bei der Verpuffung in Wasserdampf aufgeht und daher die Analyse nicht stört, hinzu, weil sonst das Gasgemenge gar nicht oder nur unvollständig verpuffen würde.

Ist das Normalvolumen des feuchten oder trockenen Gases v' vor dem Zufüllen des Wasserstoffes und $v' + w$ nach demselben, während $v' \mp z$

das des explodirten, immer mit Wasserdunst gesättigten Gases bezeichnet, so gleicht der verschwundene Sauerstoff $^1/_3$ ($w \pm z$), weil je zwei Volumina Wasserstoff auf ein Volumen Sauerstoff bei der Wassererzeugung betheiligt sind.

§. 746. Die Volumeneudiometer haben zwei eingeschmolzene oder auch nur eingekittete oder eingesiegelte Platindrähte, *n* und *o*, Fig. 167, deren Enden 1 bis 2 Mm. wechselseitig abstehen. Man senkt nun die Röhre

Fig. 167.

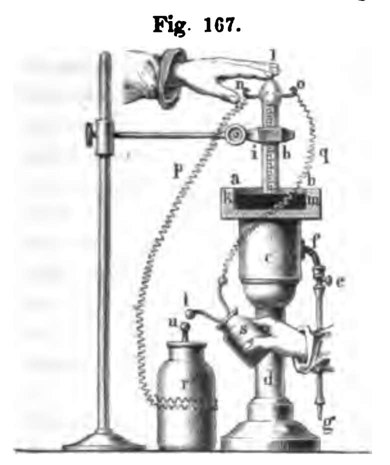
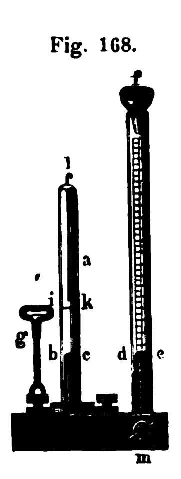


Fig. 168.



bis auf den Boden der pneumatischen Wanne *c d* und drückt sie hier fest an. Der eine Platindraht *n* steht durch den Spiraldraht *p* mit dem äusseren Belage *r* der geladenen Leidener Flasche in Verbindung und der andere *o* durch *q* mit dem Entlader *s*. Berührt man den Knopf der Flasche *u* mit dem des Entladers *t*, so schlägt der Funke durch den Zwischenraum der Enden von *n* und *o* durch und entzündet das Knallgas.

Das Fig. 164 abgebildete Druckeudiometer (§. 742) enthält nur einen bei *l* eingeschmolzenen Platindraht, der aber bis in die Nähe der Marke *i k* hinabreicht. Hat man die Gasmasse comprimirt, so dass die Quecksilberkuppe in *i k* steht, so dreht man den Hahn *m* um weniger als 90°, so dass die Verbindung nach *h* und nach *m* abgeschlossen wird. Verbindet man den äusseren Belag der Leidener Flasche mit dem Platindrahte *l* und den Knopf mit *h* oder *g*, so schlägt der Funke zwischen der Spitze des Platindrahtes und dem Quecksilber bei *i k* durch. Die Verbrennung geht ohne Erschütterung vor sich. Wassertröpfchen schlagen sich sogleich an der Innenfläche des Eudiometers nieder. Man dreht dann *m* zurück und lässt Quecksilber vorsichtig nach *l b c* übertreten.

§. 747. Diese Sauerstoffbestimmungen sind so genau, dass die Analysenfehler $^1/_{10}$ % bei sorgfältigem Arbeiten nicht erreichen. Ich hatte z. B. gewöhnliche Atmosphäre mit Kali, das etwas Eisenoxydul enthielt, getrocknet und ihrer Kohlensäure beraubt. Das Eisenoxydul nahm zugleich ein Minimum von Sauerstoff auf. Zwei Analysen mit Wasserstoff, der aus Zink und Schwefelsäure bereitet worden, gaben 20,830 % und 20,807 % Sauerstoff und zwei andere mit galvanisch erzeugtem Wasserstoff 20,814 % und 20,841 %. Der grösste Unterschied glich daher 0,034 % oder $^1/_{33}$ %.

Sauerstoff der Atmosphäre.

§. 748. Die früheren Volumens- und Gewichtsanalysen führten schon zu der Ueberzeugung, dass der Sauerstoffgehalt der Atmosphäre nur unbedeutend wechselt. Die zuletzt erwähnten neueren Methoden bestätigten das Gleiche in schärferer Weise. Bunsen, Regnault, Brunner und ich erhielten für Marburg, Paris, Bern und viele andere Orte Sauerstoffwerthe, die meist mehr als 20,9 und weniger als 21,0 Volumenprocente betrugen. Ich fand z. B. für Bern 20,904 bis 21,038 in 15 Bestimmungen, die im Laufe von $^3/_4$ Jahren angestellt wurden. Das Mittel für Bern betrug 20,959 %. Regnault nimmt ebenfalls 20,96 % für Paris an. Die Atmosphäre über dem grossen Ocean (§. 68) und an Küstenstädten der Tropen kann auch nur 20,3 % nach Levy darbieten.

Kohlensäure der Atmosphäre.

§. 749. Die gewöhnliche Atmosphäre enthält so wenig Kohlensäure, dass man sie nur auf dem Gewichtswege genauer bestimmen kann (§. 732). Man schaltet zu diesem Zwecke ein Kohlensäureeudiometer (§. 735) hinter der Wasserabsorptionsröhre *f*, Fig. 156, S. 218, ein und lässt 10 bis 12 Liter durch den Aspirator durchsaugen. Der durchschnittliche Mittelwerth beträgt dann 0,04 %. Wasserstoff, Schwefelwasserstoff, Jod- und Ammoniakdämpfe treten in so geringen Mengen in der gewöhnlichen Atmosphäre auf, dass man sie für die quantitative Betrachtung der Athmungserscheinungen nicht zu berücksichtigen braucht.

§. 750. Der Kohlensäuregehalt der Einathmungsluft steigt häufig verhältnissmässig bedeutend durch verschiedenartige Nebenbedingungen, wie die Producte der Verbrennung, die Anwesenheit gährender oder faulender Stoffe und das Zusammenleben von Menschen oder Thieren. Während sonst nur die Schwankungen zwischen 0,03 und 0,06 % liegen, erhielt z. B. Leblanc 0,87 % in einer Primarschule und 0,22 % in einem Pferdestalle. Ein geheizter Saal, in dem mehrere Menschen Taback rauchten und Leichname zergliederten, lieferte mir 0,11 % und eine mit Cadaverstücken gefüllte Küche mit offenem Schornsteinzuge 0,18 bis 0,19 %.

Schädliche Atmosphäre.

§. 751. Sind viele Menschen in einem engen Raume zusammengedrängt, so steigt der Kohlensäuregehalt der Einathmungsluft nach und nach so sehr, dass endlich Athembeschwerden auftreten und selbst der Erstickungstod nachfolgt. Räume, in denen gährende Getränke in reichlicher Menge aufbewahrt werden, können ähnlich wirken. Glühende Kohlen entbinden Kohlenoxyd, Kohlensäure und bisweilen auch Kohlenwasserstoff, faulende Körper neben diesen Gasen noch Schwefelwasserstoff, Phosphorwasserstoff, Ammoniak. Arsenikwasserstoff mischt sich der Atmosphäre in der Nähe der Arsenikhütten bei. Die Einathmungsluft kann auf diese Weise eine Menge von Körpern, die den Tod rascher oder langsamer herbeiführen, enthalten.

Kohlensäure des Athems

§ 752. Die in die Lungen eingezogene Atmosphäre, deren Volumensveränderungen schon §. 732 betrachtet worden, nimmt immer eine verhältnissmässig bedeutende Menge von Kohlensäure und zwar im Durchschnitt 4 bis $4^1/_2$ Volumenprocente bei dem gewöhnlichen Athmen auf. Vierordt erhielt 4,2 % und Brunner und ich 4,3 % als Mittelgrössen.

Kohlensäure der höheren und tieferen Lungenluft.

§. 753. Trennt man die mit einer tiefen Ausathmung hervortretende Luftmenge in zwei Hälften, so findet man, dass die zuerst ausgetriebene weniger Kohlensäure, als die später entfernte giebt. Der Grund dieses

Unterschiedes liegt darin, dass die erste Luftportion zu einem grossen Theile aus der Mundhöhle, der Rachenhöhle, dem Kehlkopf und der Luftröhre und den grösseren Bronchialverzweigungen kommt. Verhältnissmässig grössere Luftmengen treten aber in diesen Bezirken mit relativ geringeren Blutmengen in Wechselwirkung. Ihre Epithelien gestatten auch vermuthlich nur eine langsamere Gasdiffusion. Die tiefere Lungenluft kann die reichlicheren Blutströme, die sich in den Wänden der Lungenbläschen befinden, zu ihrem Austausche benutzen. Dieser Unterschied erklärt auch viele Schwankungen des Kohlensäuregehaltes der Athemluft.

Beziehung zur Dauer der Athemzüge.

§. 754. Nimmt die Häufigkeit der in einer Zeiteinheit vollführten Athemzüge zu, so sinken die Kohlensäureprocente. Sie können nach und nach bis 2,9 % oder selbst 2,4 % hinabgehen, weil wahrscheinlich ein Theil der Einathmungsluft zu kurze Zeit in den Lungen verweilt und sich nicht vollständig mit der tieferen Lungenluft diffundiren kann (§. 759). Hat man umgekehrt sehr tief und langsam eingeathmet, so kann sich der Kohlensäuregehalt auf 6 % erhöhen. Füllt man seine Lungen möglichst stark an, hemmt das Athmen bis zum Eintritt der Beklemmung und stösst dann das Athemgas unter kräftigem Drucke hervor, so findet man nicht selten 7 bis 8 % Kohlensäure. Vierordt suchte sogar diese Schwankungen durch eine mathematische Formel auszudrücken, die zwei summatorische Glieder enthält. Das eine bildet eine für jede Athemgeschwindigkeit beständige Grösse und das andere eine Function der möglichst kleinen und der in einem gegebenen Falle angenommenen mittleren Dauer je eines Athemzuges. Die Gleichung macht noch Nebencorrectionen, deren Bedeutung künftige Versuche entscheiden müssen, nöthig.

Aeussere Einflüsse.

§. 755. Muskelbewegungen oder die Aufnahme der Nahrungsmittel erhöhen die Kohlensäureprocente. Der Genuss des Thees erniedrigt dieselben. Wein und Branntwein sollen den gleichen Erfolg nach sich ziehen (§. 704). Viele Angaben, welche über die Einflüsse einzelner Nahrungsmittel, der Aether- oder Chloroformeinathmung gemacht worden, fussen auf keiner sicheren Grundlage.

Relative Mengen von Kohlensäure und Sauerstoff.

§. 756. Die gegenseitigen Verhältnisse der Procentwerthe der ausgeschiedenen Kohlensäure und des verzehrten Sauerstoffes wechseln mit der Art der Athemzüge. Athmete ich keuchend, in kurzen und schnellen Athemzügen, so herrschte die ausgeschiedene Kohlensäure relativ vor. Sie verhielt sich den Volumenwerthen nach zu dem verzehrten Sauerstoff, wie 1 : 1,15 bis 1,094 und die Gewichtsgrössen gaben 1 : 0,83 bis 1 : 0,68. Die erhöhte Geschwindigkeit des Athmens kann es daher so weit bringen, dass mehr Kohlensäure ausgeschieden, als Sauerstoff verzehrt wird. Hatte ich umgekehrt tief eingeathmet und die Luft unter starkem Drucke entleert, so gaben die Volumenbeziehungen 1 : 1,21 bis 1,31. Die Gewichtsverhältnisse glichen aber 1 : 0,87 bis 1 : 0,95. Füllte ich endlich die Lungen möglichst an, wartete, bis Athembeschwerden entstanden, und trieb die Luft unter wenig verstärktem Drucke aus, so fanden sich 1 : 1,18 bis 1 : 1,22 für die Volumens- und 1 : 0,85 bis 1 : 0,88 für die Gewichtsverhältnisse. Die Volumina des verschwundenen Sauerstoffes herrschten daher unter den beiden letzteren Nebenbedingungen vor.

§. 757. Dieser Einfluss der Athmungsmechanik bildet die Resultante

verschiedener Bedingungsglieder. Der Wechsel des Athmungsdruckes wirkt auf die Lungenluft ausschliesslicher, als auf das Blut, das noch unter dem Kreislaufsdrucke steht. Er ändert daher die Spannung der Lungenluft und die der Gasmassen des Blutes in ungleichem Grade. Er bestimmt überdies zu einem grossen Theile die Schnelligkeit des Wechsels der Residualluft, die Aufenthaltsdauer der Einathmungsgase in den Lungen und die relativen Quantitäten von Luft und Blut, die gleichzeitig in Wechselwirkung treten. Jede Athmungstheorie, welche diese Einflüsse der Athmungsmechanik unbeachtet lässt, kann daher den wissenschaftlichen Forderungen nicht genügen.

§. 758. Das regelmässige Athmen des Menschen lieferte Brunner und mir Zahlenwerthe, die sich im Durchschnitt der Proportion 1 : 1,176 näherten. Fünf Analysen meines Athems z. B., in denen aller ungewöhnliche Druck und alle Unregelmässigkeiten der Athmungsmechanik vermieden wurden, gaben mir 1 : 1,112 bis 1 : 1,190 und im Mittel 1 : 1,153. Dreizehn Analysen des Athems von acht Anderen und mir lieferten 1 : 1,141 bis 1 : 1,240 und im Durchschnitt 1,187.

Gasdiffusion.

§. 759. Wenn zwei Gase durch eine poröse Scheidewand getrennt sind, so diffundiren sie sich unter gleichem Drucke in umgekehrtem Verhältnisse der Quadratwurzel ihrer Dichtigkeiten. Wendet man diesen Satz, der sich schon aus der Theorie der Ausflussgeschwindigkeiten der Flüssigkeiten von selbst ergiebt (§. 458), auf den Sauerstoff und die Kohlensäure an (§. 732), so werden 1,176 Vol. Sauerstoff für 1 Vol. Kohlensäure übertreten. Es war Brunner und mir in früheren Untersuchungen aufgefallen, dass sich das durchschnittliche Verhältniss der gewöhnlichen Athemluft dieser Proportion nähert. Wir hatten aber weder eine Constanz des Verhältnisses behauptet, noch den Satz überhaupt theoretisch hergeleitet, wie häufig angegeben worden. Da die Drucke der in dem Blute und der Ernährungsflüssigkeit enthaltenen Gase und der Lungenluft wechseln, so kann keine beständige Beziehung auftreten. Die variirende Beschaffenheit des Blutes wird vermuthlich ebenfalls verschiedene Absorptionscoëfficienten (§. 63) zur Folge haben. Es muss aber auffallen, dass auch Barral nach seinen statistischen, später zu erwähnenden Untersuchungen findet, dass sich die durch Lungen- und Hautausdünstung ausgeschiedene Kohlensäure zum verzehrten Sauerstoff wie 1 : 0,82 bis 1 : 0,88 und im Durchschnitt wie 1 : 0,85 verhält. Die letztere Proportion entspricht gerade der des Diffusionsverhältnisses, wenn man die Volumina in Gewichte verwandelt.

Einfluss der Zeitdauer.

§. 760. Die Procente der ausgehauchten Kohlensäure und des verzehrten Sauerstoffes wachsen mit der längeren Dauer des Aufenthaltes in den Athmungswerkzeugen. Berücksichtigt man aber die hierfür in Anspruch genommenen Zeitgrössen, so findet man, dass die auf eine Zeiteinheit bezogenen Werthe kleiner auszufallen pflegen, als wenn man kürzer und regelmässiger athmet. Wird also die Lungenluft nicht gewechselt, so sinkt die Grösse des Austausches der Gase mit jedem nächstfolgenden Zeitabschnitte. Vierordt, der schon dieselbe Norm für die Kohlensäureprocente gefunden hatte, drückte sie in dem Satze aus, dass die Kohlensäureausscheidung des Blutes in umgekehrtem Verhältnisse zum Kohlensäuregehalte der Lungenluft steht.

§. 761. Die älteren Forscher gaben nicht selten an, dass bedeutende Mengen von Stickstoff bei dem Athmen aufgenommen oder ausgeschieden werden. Die neueren am Menschen angestellten Untersuchungen, die auf schärferen eudiometrischen Methoden beruhten, führten zu dem Schlusse, dass er wahrscheinlich keine, die Grenzen der Beobachtungsfehler der Gewichtsanalysen (§. 736) überschreitende Veränderungen erleidet. Seine Ausscheidungsgrösse konnte nicht $^1/_{30}$ des verzehrten Sauerstoffes erreichen. Regnault und Reiset folgerten aus ihren Volumensanalysen von Luftproben der Gasmischung, die nach dem längeren Athmen der Thiere zurückblieben, dass gewöhnlich etwas Stickstoff austritt. Er soll aber nie $^1/_{50}$ und meist sogar weniger als $^1/_{100}$ des verzehrten Sauerstoffes betragen. In Winterschlaf verfallene Murmelthiere und hungernde Vögel würden eben so kleine Stickstoffmengen aufnehmen. Diese Angaben beruhen ebenfalls auf Werthen, in denen die Beobachtungsfehler eine bedeutende Rolle spielen.

Stickstoff der Athemluft.

§. 762. Die häufige Wiederholung der Athemzüge im Laufe eines Tages oder einer grösseren Zeiteinheit überhaupt giebt eine gewisse Bedeutung den kleinsten Aenderungen des Stickstoffes, weil sie zu merklichen Werthen durch die beträchtliche Vervielfältigung anschwellen. Man hat auch oft einen kleinen, für die Lungen- und Hautausscheidung übrig bleibenden Stickstoffüberschuss in statistischen Ernährungsuntersuchungen erhalten. Diese Erfahrungen gestatten aber, wie wir sehen werden, noch grössere Breiten der Beobachtungsfehler, als die unmittelbare Prüfung der Athemluft. Sie können daher zur sicheren Entscheidung der Frage nicht benutzt werden.

§. 763. Kohlenoxyd ($C_1\,O_1$), Wasserstoff und Kohlenwasserstoff ($C_2\,H_4$ oder $C_4\,H_4$) kommen in der gewöhnlichen Athemluft in grösseren Quantitäten nicht vor. Sie enthält dagegen häufig merkliche Mengen organischer flüchtiger Körper (§. 703), die aus den Geweben oder den verzehrten Nahrungsmassen stammen. Manche Forscher glaubten auch schon Ammoniak (NH_3) in wenigen Litern von Athemluft quantitativ nachweisen zu können. Man darf aber mit Recht vermuthen, dass hier eine Täuschung, die sich auch für die Bestimmungen des Ammoniakgehaltes der Atmosphäre oft wiederholt hat, zum Grunde lag. Wenn man nämlich das Gas durch Salzsäure (H Cl) streichen lässt und diese mit Platinchlorid ($Pt\,Cl_2$) vermischt, um Platinsalmiak ($Pt\,Cl_2 + NH_4\,Cl$) zu erhalten (§. 52), so kann man ein scheinbar kleines positives Ergebniss finden, ohne dass Ammoniak vorhanden ist. Jede irgend beträchtliche Menge von Ammoniakdämpfen fehlt wahrscheinlich immer in der gesunden Athemluft.

Andere Gase des Athems.

§. 764. Die Theorieen des in den Lungen stattfindenden Gaswechsels stützen sich entweder nur auf chemische (§. 731) oder zugleich auf physikalische Betrachtungen. Der Dalton'sche Lehrsatz, der an und für sich noch nicht unzweifelhaft feststeht, bildet den vorzüglichsten physikalischen Ausgangspunkt. Jede Gas- oder Dampfart verbreitet sich hiernach in einem abgeschlossenen Raume mit einer Spannung, die dem ganzen Volumen desselben entspricht. Die Verhältnisse gestalten sich daher eben so, als wenn andere Körper nicht vorhanden wären oder als wäre das Gas oder der Dampf in einen luftleeren Raum von gleichem Cubikinhalte

Theorie des Gaswechsels.

eingelassen worden. Die einzelnen Bestandtheile eines Gasgemenges scheiden sich deshalb nicht ihren Eigenschweren nach, wie tropfbare Flüssigkeiten, ab. Sie suchen sich vielmehr in dem ganzen Raume zu diffundiren (§. 759). Ein gegebenes Gasvolumen nimmt dieselbe Dampfmenge ohne Unterschied seiner Dichtigkeit auf. Die Quantität eines Gases, welche aus einer tropfbaren Flüssigkeit in eine Luftmischung übertritt, wird sich nach demselben Principe theoretisch bestimmen lassen (§. 64).

Gesetzt, wir hätten 100 C. C. Atmosphäre, die 0,04 Volumenprocente Kohlensäure, 20,96 % Sauerstoff und 79,00 % Stickstoff enthält, so besitzen jene 0,04 Kohlensäure dieselbe Spannung, als wenn nur sie in 100 C. C. Rauminhalt vorhanden wären. Sie verhalten sich also, als ob sie beträchtlich verdünnt worden. Steht aber jener Luftraum über Blut, in dem die Kohlensäure eine grössere Spannkraft besitzt, so werden sich die Drucke auszugleichen suchen. Die Kohlensäure tritt aus, bis das Verhältniss ihrer Menge zu dem ganzen Raume dieselbe Spannung giebt, unter der auch die Kohlensäure im Blute enthalten ist. Da sich aber die gegenseitigen Beziehungen der Drucke dem Ausgleichungswerthe allmälig nähern, so folgt, dass die Geschwindigkeiten der Kohlensäureausscheidung in umgekehrtem Verhältnisse zur Zeitdauer der Einwirkung stehen. Eine spätere Zeiteinheit lässt weniger Kohlensäure hervortreten, als eine frühere von gleicher Grösse (§. 760).

§. 765. Vierordt nimmt daher an, dass der Austritt der Kohlensäure und des Stickstoffes nach dem Dalton'schen Principe erfolgt. Man hat eine weit geringere Stickstoff-, als Kohlensäureausscheidung, weil auch die ursprüngliche Spannkraft des Stickstoffes beträchtlicher als die der Kohlensäure ausfällt. Das Verschwinden des Sauerstoffes dagegen lässt sich auf diese Weise nicht erklären. Es beruht auf der chemischen Verwandtschaft des Blutes. Sie wechselt daher auch mit der Beschaffenheit desselben.

§. 766. Diese Auffassungsweise lässt sich mit manchen Angaben von Regnault und Reiset ohne die Annahme unbewiesener Nebenhypothesen (§. 767) nicht vereinigen. Die Stickstoffausscheidung müsste wahrscheinlich nach ihr immer kleiner, als jene Forscher angeben, ausfallen (§. 732). Die Einsaugung von Stickstoff, die nach ihnen hin und wieder vorkommen soll, liesse sich schwer erklären, weil das Blut des hungernden Thieres ebenfalls Stickstoff, der unter einem stärkeren Drucke steht, darbietet. Hunde hauchen, nach Regnault und Reiset, die gewöhnliche geringe Stickstoffmenge aus, wenn auch ihre Einathmungsluft doppelt oder drei Mal so viel Sauerstoff, als die Atmosphäre führt. Alle diese Widersprüche liessen sich dadurch beseitigen, dass die Beobachtungsfehler selbst der Volumensanalyse (§. 747) einen grossen Einfluss auf jene berechneten kleinen Stickstoffmengen ausüben müssen. Dieser Einwand gilt jedoch nicht für die Angabe, dass sich nur eine etwas grössere Sauerstoffabsorption und sonst keine wesentliche Veränderung in Hunden zeigte, in deren Einathmungsluft der Stickstoff von Wasserstoff ersetzt worden war. Eine beträchtliche Ausscheidung von Stickstoff hätte hier der Theorie nach durchgreifen müssen.

§. 767. Die rein chemischen Vorstellungen können ihrer Einseitigkeit

wegen noch weniger genügen. Man geht dabei von der Oxydationsfähigkeit der Blutbestandtheile aus. Da diese mit der Nahrung wechselt, so wird sie die Menge des verzehrten Sauerstoffes wesentlich bestimmen. Es hängt von ihr und den Verbrennungsprocessen überhaupt ab, wie viel Kohlensäure ausgeschieden wird. Die Kohlenhydrate (§. 92) besitzen schon allen Sauerstoff, der zur Oxydation ihres Wasserstoffes nöthig ist. Sie können daher mehr Sauerstoff zur Verbrennung von Kohlenstoff verwenden. Die reichliche Einfuhr von pflanzlichen Nahrungsmitteln, die viel Stärkmehlkörper enthalten, wird daher das Verhältniss der ausgeschiedenen Kohlensäure zum verzehrten Sauerstoff erhöhen. Die ursprüngliche Zusammensetzung der aus Eiweisskörpern bestehenden Nahrungsmittel dagegen muss eine relativ ungünstigere Beziehung der Kohlensäure bedingen. Die Fette, die verhältnissmässig wenig Sauerstoff führen (§. 103 fgg.), werden noch ungünstigere Kohlensäureverhältnisse bereiten. Das hungernde Geschöpf, das von den Eiweisskörpern und den Fetten seiner eigenen Masse lebt, kann nur niedere relative Kohlensäuregrössen darbieten.

§. 768. Einzelne Erfahrungen älterer Forscher stehen diesen Vorstellungen nachdrücklich entgegen. Die neueren directen Analysen von Regnault und Reiset und die indirecten Bestimmungen von Bidder und Schmidt unterstützen sie dagegen in mancher Beziehung. Die zuerst genannten Forscher erhielten z. B., wenn man die gleichen Einheiten der Körpergewichte und der Zeiten zum Grunde legt.

Thier.	Erhaltungsweise.	Gewichtseinheiten ausgeschiedener Kohlensäure für die Gewichtseinheit verzehrten Sauerstoffes.
Hund	Mit Hammelfett ernährt. Leidend.	0,952
	Seit 38 Stunden hungernd.	0,936
	Fleischnahrung	1,034
	Vorher mit Brot, etwas Fleischsuppe und Fleisch gefüttert.	1,296
Huhn	Seit 36 Stunden hungernd.	0,972
	Seit zwei Tagen mit gekochtem Fleisch erhalten.	1,055
	Gewöhnliche Hafernahrung.	1,357 bis 1,408

§. 769. Die rein chemische Auffassung genügt dessenungeachtet nicht, weil sie die ohne Zweifel tief eingreifenden physikalischen Bedingungen unberücksichtigt lässt. Wir werden später sehen, dass diese in den Untersuchungen von Regnault und Reiset merklich einwirkten. Wenn aber der blosse Wechsel der Athmungsmechanik die gegenseitigen Beziehungen der ausgeschiedenen Kohlensäure und des verzehrten Sauerstoffes im Laufe weniger Minuten eben so sehr als die grössten Nahrungsdifferenzen wechseln lässt (§. 757), so kann man dem Einflusse der Speisen nicht ausschliesslich zuschreiben, was aus weit verwickelteren Bedingungen hervorgeht.

Absolute Mengen der Kohlensäure.

§. 770. Jeder Mensch, der in einen Apparat (§. 676) mit einem gewissen Grade von Aufmerksamkeit ausathmet, überschreitet dabei unwillkürlich die Grenzen der gewöhnlichen ruhigen Athembewegungen. Alle Zahlen, die man für die absoluten Mengen der Kohlensäure und des Sauerstoffes findet, fallen daher grösser als im Freien aus.

§. 771. Die absoluten Mengen von Kohlensäure, welche in der Athemluft davongehen, steigen, nach Andral und Gavarret, von 8 bis 40 Jahren. Sie nehmen dagegen im Greisenalter und oft schon früher merklich ab. Ein kräftiger Körperbau, Muskelbewegungen und die Verdauung der Nahrungsmittel erhöhen die Werthe unter sonst gleichen Nebedingungen. Der Schlaf und das Fasten setzen sie merklich herab.

§. 772. Hält man sich an die für die Stunde gültigen Durchschnittsgrössen, so lieferte ein achtjähriger Knabe 18,3 und ein zehnjähriger 24,9 Grm. Männer zwischen 16 und 60 Jahren entfernten 31,2 bis 49,9 Grm. und Greise von 76 bis 102 Jahren 21,6 und 32,3 Grm. Brunner erhielt 31,9 Grm. zu 47 und ich 39,1 Grm. zu 33 Jahren.

§. 773. Die Frau scheidet im Allgemeinen weniger Kohlensäure als der Mann aus. Andral und Gavarret bemerkten überdies, dass die Kohlensäuremengen auf einer niederen, der des Kindes ähnlicheren Stufe bleiben, so lange die Zeit, in der die Frau ihre monatliche Reinigung bekommt, anhält. Sie vergrössert sich wieder, wenn eine eingreifende Schwangerschaft die Regeln unterbricht oder die Menstruation krankhafter Weise ausbleibt. Bleichsüchtige Personen hauchen auch, nach Hannover, mehr Kohlensäure, als gesunde aus.

§. 774. Gesunde Mädchen von 10 bis $15^1/_2$ Jahren hatten 22 bis 26 Grm. als stündliche Durchschnittsgrössen. Menstruirte Frauenzimmer, deren Alter zwischen 15 und 45 Jahren lag, ergaben 22 bis 25,7 Grm., Frauen von 38 bis 66 Jahren dagegen, deren Regel wieder verschwunden waren, 24,9 bis 36,3 Grm.

Absolute Mengen von Sauerstoff.

§. 775. Während mein durchschnittlicher, für die Stunde berechneter Kohlensäurewerth 39,1 Grm. bei 54 Kilogr. Körpergewicht betrug, zeigten sich 33,7 Grm. für den gleichzeitig verzehrten Sauerstoff. Nimmt man das Kilogramm und die Stunde als Einheiten der Masse und der Athmungszeit an, so hat man 0,724 Grm. Kohlensäure und 0,624 Grm. Sauerstoff. Verwandelt man diese Grössen in Volumenswerthe von 0° C. und 760 Mm. Barometer (§. 743), so findet man 365,6 C.C. ausgeschiedener Kohlensäure und 434,4 C. C. verzehrten Sauerstoffes.

Wechsel der Blutfarbe.

§. 776. Die Farbe des Blutes hängt von dem in der Chemie angenommenen Farbestoffe desselben, dem Hämatin (§. 120) ab. Da die bei Weitem grösste Menge desselben in den Blutkörperchen und nicht in der Blutflüssigkeit enthalten ist, so werden sich jene am meisten betheiligen, wenn die Athmung das dunkelrothe Blut hellroth macht (§. 402). Das Mikroskop giebt in dieser Hinsicht keinen Aufschluss, weil die Untersuchung der Blutkörperchen keine ganz unbedeutende Vergrösserungen fodert, diese die Intensität der Färbung schwächen und der Farbenunterschied der venösen und arteriellen Blutkörperchen bei den grossen Mengen derselben und den relativ kleinen Quantitäten eintretenden Sauerstoffes gering aus-

fällt. Man kann daher nur nach dem Gesammteindrucke des freien Auges urtheilen.

§. 777. Verfolgen wir die Bahnen des aufgenommenen Sauerstoffes, so trifft er das die Athmungsorgane durchtränkende Ernährungsfluidum und die Blutflüssigkeit früher als die Blutkörperchen. Jene Lösungen absorbiren ihn. Ein nachträglicher Diffusionsstrom theilt ihn den Blutkörperchen mit.

§. 778. Man kann die rothe Farbe des Blutes mit den verschiedensten Mitteln dunkeler oder heller machen. Formveränderungen der Blutkörperchen und chemische Eingriffe führen hier oft zu ähnlichen Wirkungen. Man darf im Allgemeinen annehmen, dass alle verdünnten Lösungen, durch welche die beiderseits vertieften Blutkörperchen des Menschen und der Säugethiere (Taf. II. Fig. XXIV. *a*) und die länglichen der Frösche (Taf II. Fig. XXIII. *ab*) rund oder ihre Hüllen (Fig. XXIII. *a*) ausgedehnt und verdünnt werden, die Färbung dunkeler und die entgegengesetzten Einflüsse sie heller machen. Dieser durchgreifende Formenwechsel kommt aber in den Lungen des lebenden Geschöpfes nicht vor.

Da der frische in Wasser gelöste Farbestoff des Venenblutes durch Sauerstoff heller wird, so ergiebt sich, dass die chemische Veränderung des Hämatins den Farbenunterschied ohne die Hilfe der Blutkörperchen erzeugen kann. Der Kuchen des Venenblutes eines Aderlasses röthet sich in seinen oberflächlichsten Lagen, zu denen die Atmosphäre vordringt, ohne dass eine wesentliche Formveränderung der Blutkörperchen eingreift.

§. 779. Bringt man Blut unter die Glocke der Luftpumpe und setzt es dem Einflusse eines luftverdünnten Raumes oder einer geringeren äusseren Spannung aus, so muss es einen Theil seiner Gase nach dem Dalton'schen Principe entlassen (§. 764). Man kann aber nach demselben Grundsatze erwarten, dass nicht die Gesammtmasse der im Blute enthaltenen Gase austritt, wenn selbst die Zähigkeit des Blutes keine Störungen herbeiführt. Quantitative Bestimmungen der Art gestatten daher keinen sicheren Rückschluss auf die in dem Blute enthaltenen Luftmengen. Diese können überdies einfach absorbirt oder in lockeren chemischen Verbindungen enthalten sein.

Kohlensäure, Sauerstoff und Stickstoff treten in den luftverdünnten Raum über. Man erhält dann mehr Sauerstoff, als dem blossen Absorptionsvermögen der lebenden Blutflüssigkeit entspricht. Dieses führt zu dem Schlusse, dass mindestens ein Theil desselben chemisch gebunden ist. Er lässt sich auch schwerer als die lockerer fixirte Kohlensäure durch andere Gase austreiben.

§. 780. Leitet man Kohlensäure, Wasserstoff oder Stickstoff durch die frische Blutmasse, so färbt sich diese dunkeler, während Sauerstoff davon geht. Die Luftverdünnung wirkt in ähnlicher Weise. Hat man aber so viel Kohlensäure durchgetrieben, dass kein Sauerstoff mehr frei wird, und entzieht sie wiederum dem Blute unter der Glocke der Luftpumpe, so stellt sich, nach Brück, keine hellere Farbe ein. Dieser Forscher geht daher von der Ansicht aus, dass das Blut eine von der Anwesenheit der Kohlensäure unabhängige dunkelrothe Färbung ursprünglich besitzt, durch den Eintritt von Sauerstoff dagegen hellroth wird.

Gase des Blutes.

§. 781. Beide Blutarten geben Sauerstoff an den luftverdünnten Raum ab. Das Venenblut liefert aber weniger als ein gleiches Volumen Schlagaderblut. Dieses rührt wahrscheinlich von drei gleichzeitig eingreifenden Verhältnissen her. Wir werden bei den Ernährungserscheinungen sehen, dass ein Theil des eingeathmeten Sauerstoffes für die durch die Körpercapillaren vermittelte höhere Oxydation verbraucht wird. Das Venenblut muss daher absolut weniger Sauerstoff führen. Da seine Gesammtmenge grösser als die des Arterienblutes ausfällt, so wird seine relative Sauerstoffmenge um so kleiner erscheinen. Die Quantität endlich, welche der luftverdünnte Raum entzieht, hängt von dem Zustande, in dem sich die Gase in der Flüssigkeit befinden, ab. Liefern die beiden Blutarten ungleiche Bedingungen in dieser Beziehung, so muss auch die Differenz der austretenden Gase von den Unterschieden getroffen werden. Man sieht hieraus, dass die Sauerstoffmenge, die man zwei gleichen Proben Arterien- und Venenblutes entzieht, keinen Rückschluss auf die Quantität des Gaswechels bei dem Athmen möglich macht.

§. 782. Diese Betrachtung erklärt es auch, weshalb 1 Volumen Venenblut eine kleinere Quantität von Kohlensäure als 1 Volumen Arterienblut in manchen Fällen entlässt, ohne dass hierdurch ein Widerspruch mit den im Leben beobachteten Erscheinungen zum Vorschein kommt. Bedenkt man aber, dass die Kohlensäure des Blutes lockerer gebunden ist als ein grosser Theil des Sauerstoffes, so folgt, dass hierdurch ihr Austritt wesentlich erleichtert wird. Der Sauerstoff der Luft muss dem Blute Sauerstoff, nach dem Dalton'schen Lehrsatze, zu entziehen suchen. Die chemische Beschaffenheit des Blutes steht dieser Tendenz siegreich entgegen. Sie hat aber ein um so leichteres Spiel, je fester der schon vorhandene Sauerstoff im Blute fixirt ist. Die Sauerstoffabsorption kann unter diesen Verhältnissen als eine Resultante eines physikalischen Bestrebens der Ausscheidung und eines chemischen der Aufnahme angesehen werden. Diese Hypothese lässt sich auch auf die angebliche Stickstoffabsorption (§. 761) übertragen.

Erstickung.

§. 783. Der Gaswechsel, den die Athmung einleitet, kann nicht für längere Zeit unterbrochen bleiben, ohne dass der Erstickungstod eintritt. Eine bedeutende quantitative Beschränkung desselben hebt die Fortdauer des Lebens ebenfalls auf. Sind ausgedehntere Bezirke der Athmungswerkzeuge durch Ausschwitzungen verstopft oder durch Eiterungen in Schwindsüchtigen zerstört worden, können sich die Lungen wegen der beiderseitigen Eröffnung der Brusthöhle nicht ausdehnen (§. 644), so folgt auch der Tod nach. Eine einseitige grössere Brustwunde hebt nur die Aspiration der entsprechenden Lunge, nicht aber die der entgegengesetzten auf, weil die Mittelfelle nach Art einer hermetisch schliessenden Scheidewand wirken können.

Kohlensäureerstickung.

§. 784. Die später zu betrachtende plötzliche Athmungshemmung, welche die Zerstörung des verlängerten Markes begleitet, und die nur künstlich bewerkstelligte Ausrottung der Lungen bilden die alleinigen Ausnahmen, in denen nicht der Erstickungstod von chemischen Störungen des Gaswechsels der Athmungsorgane ausgeht. Selbst die scheinbar mechanischen Erstickungsarten tödten dadurch, dass sie chemische zur Folge haben. Ist der freie Ein- und Austritt der Luft bei dem Erhenken oder bei

krampfhaftem Verschlusse der Stimmritze (§. 665) gehemmt, so schwängert sich die in den Athmungswerkzeugen enthaltene Luft nach und nach mit dem Maximum der aufnehmbaren Kohlensäure (§. 760). Da ein kleiner Theil des Sauerstoffes der Atmosphäre bei dem gewöhnlichen Athmen verzehrt wird (§. 732), so steht dieser zwar länger zu Gebote. Das Blut kann sich aber zuletzt seiner Kohlensäure nicht mehr entledigen. Es geht dunkel und mit Kohlensäure gesättigt in die Körperschlagadern über und erzeugt hierdurch Störungen in den Centraltheilen des Nervensystemes, deren Ursachen noch nicht näher bekannt geworden. Sinnestäuschungen, Bewusstlosigkeit, kraftvolle, oft länger anhaltende, und später von grösseren Pausen unterbrochene Athembewegungen, allgemeine Krämpfe und nicht selten unwillkürliche Stuhl- und Harnentleerungen gehen dem Tode voran.

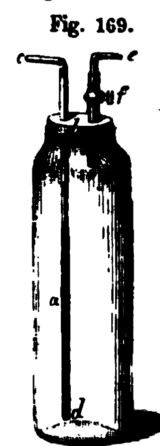
Erstickende Gase und Dämpfe.

§. 785. Ein Gas oder eine Gasmischung eignet sich möglicher Weise nur deswegen nicht zum Athmen, weil kein freier Sauerstoff vorhanden ist. Thiere sterben daher in reinem Wasserstoff oder Stickstoff, nicht aber in Gasgemengen, welche $^1/_5$ Sauerstoff oder noch weniger neben jenen Luftarten enthalten. Andere Gase und Dämpfe, wie Chlor, Kohlenoxyd ($C^{\cdot}O$), leichter Kohlenwasserstoff oder Sumpfgas (C_2H_4), schwerer Kohlenwasserstoff oder ölbildendes Gas (C_4H_4), schwefelige Säure (SO_2), Schwefelwasserstoff (SH), Phosphorwasserstoff (PH_3 und P_2H), Selenwasserstoff (SeH), Arsenikwasserstoff (AsH_3), Cyan (C_2N) und die Dämpfe von Jod, Brom, Ammoniak (NH_3) greifen direct ein. Sie werden mit grösserer oder geringerer Geschwindigkeit absorbirt, ändern dann wahrscheinlich die oxydirbaren Bestandtheile des Blutes und hemmen die Nerventhätigkeiten.

Beseitigung der Erstickung

§. 786. Die Beseitigung der etwa vorhandenen mechanischen Athmungshindernisse und die Zufuhr frischer Atmosphäre kann die drohendsten Erstickungszeichen beseitigen. Hat man ein kleineres Säugethier, z. B. ein junges Meerschweinchen, in das Fig. 169 abgebildete Gefäss *a* gebracht, den Deckel *b* luftdicht befestigt, die Röhre *cd* mit einem Aspirator (§. 708) verbunden und den Hahn *f* geschlossen, so bekommt das Thier nach kurzer Zeit Bauchathmung und Muskelkrämpfe, weil die in *a* enthaltene und mit einer grossen Kohlensäuremenge geschwängerte Luft zum Athmen untauglich geworden. Liegt es aber schon selbst scheintodt da, so kann es sich in verhältnissmässig kurzer Zeit erholen, wenn man den Hahn *f* öffnet und einen Strom von reiner Atmosphäre von *ef* nach *dc* mittelst des Aspirators durchzieht. Der Arzt macht nicht selten ähnliche Erfahrungen an Menschen, die durch Kohlendampf betäubt wurden. Das Kohlenoxyd, das sich neben der Kohlensäure entwickelt (§. 751), beschleunigt hier die lebensgefährlichen Veränderungen.

Fig. 169.



§. 787. Die nachtheilige Wirkung eines elastisch flüssigen Körpers wird durch die eines zweiten aufgehoben, wenn eine unschädliche Verbindung aus der Vereinigung beider hervorgeht. Die Beschwerden, die das Cyan oder der Schwefelwasserstoff erzeugt hat, können im Anfange nach

dem Einathmen von Ammoniakdämpfen, wie sie sich z. B. aus dem sogenannten kaustischen Salmiakgeist entbinden, spurlos schwinden.

Aenderung des Gaswechsels.

§. 788. Manche Gase erhöhen die Quantitäten des Gaswechsels, wenn sie in geringeren Mengen aufgenommen werden. Kleinere Mengen von Stickstoffoxydul (N O) erzeugen einen angenehmen Rausch. Die Zahl der Athemzüge vergrössert sich. Kaninchen und Tauben nehmen mehr Sauerstoff auf und scheiden mehr Kohlensäure ab. Grössere Massen jener Luftart können den Erstickungstod herbeiführen. Die Dämpfe des Aethers und des Chloroforms lähmen die Thätigkeiten des Nervensystemes, wie wir in der Nervenlehre ausführlicher sehen werden.

Ausdünstung.

Ausdünstungsflächen.

§. 789. Alle äusseren und inneren Oberflächen, die von Luft umspült werden, wirken auf diese in ähnlicher Weise, wie die Athmungsflächen der Lungen. Die Ausgleichung der Wärmeunterschiede (§. 691), die Entfernung von Wasserdämpfen aus den flüssigen Geweben (§. 696) und der Gaswechsel kehren auch hier wieder. Die Beschaffenheit der Gasmassen und der zwischen ihnen und dem Blute eingeschalteten Gebilde ändern diese Wechselbeziehungen in quantitativer Hinsicht. Die Mischung der Darmgase hängt nicht bloss von den Ausdünstungsproducten der Darmschleimhaut, sondern auch von den Zersetzungserscheinungen der Nahrungsmittel ab (§. 321).

Lungen- und Hautausdünstung.

§. 790. Die Gewebeelemente der äusseren Haut gestatten einen ziemlich lebhaften Gaswechsel der Atmosphäre und der in dem Blute und der Ernährungsflüssigkeit gelösten Luftarten. Die Erwärmung der zunächst gelegenen Atmosphärenschichten macht es möglich, dass diese durch neue kältere ersetzt werden. Jede von ihnen nimmt Wasserdämpfe und flüchtige organische Verbindungen auf. Die Haut erzeugt auf diese Weise Wechselwirkungen, die sich mit denen der Athmungswerkzeuge in mancher Beziehung messen können. Man spricht daher auch vorzugsweise von der Lungen- und der Hautausdünstung. Die Perspiration umfasst nicht bloss die Ausscheidungsproducte dieser beiden Arten von Thätigkeiten, sondern auch noch die übrigen gas- und dampfförmigen Verbindungen, die den Körper verlassen, mithin die Ausdünstungsstoffe der nach aussen sich öffnenden Hohlräume des Bindehautsackes, des äusseren Gehörganges, der Mund- und der Rachenhöhle und die entleerten Darmgase. Nimmt man das Wort in seiner weitesten Bedeutung, so rechnet man noch die Abgänge, welche die Hautabschuppung, die wässerigen und die fettigen Absonderungen der freien Körperflächen liefern, oder die Hautschmiere, den Schweiss, die ausgeführten Schleim- und Speichelmassen, die Augenbutter und das Ohrenschmalz hinzu. Die Summe aller dieser Nebenproducte nimmt gewöhnlich einen nur untergeordneten Theil der Perspiration in Anspruch. Der bei Weitem grösste rührt von der Lungen- und der Hautausdünstung her.

Wasserverlust durch die Haut.

§. 791. Statistische Versuche, die wir bei der Betrachtung der Ernährungsverhältnisse kennen lernen werden, führten zu dem Schlusse, dass ich bei 54 Kilogr. Körpergewicht 1116 bis 1154 Grm. durch die austretenden Wasserdämpfe und die kleineren §. 790 erwähnten Nebenausgaben in 24 Stunden verlor. Barral berechnete 1142 bis 1288 Grm. für seine 47,5 Kilogr. betragende Körpermasse. Mein Werth umfasst die Wasserdämpfe, den Kohlenstoff, der in der Kohlensäure der Hautausdünstung entfernt wird, die Darmgase und die wässerigen und fettigen Absonderungen der Haut, und der von Barral die gleichen Entleerungen, mit Ausnahme des Kohlenstoffes der durch die Haut ausgeschiedenen Kohlensäure.

Wasser der Lungen- und der Hautausdünstung.

§. 792. Hält man sich an die Mittelgrössen der angeführten Zahlen, so hat man 0,892 bis 1,066 Grm. für die Einheiten des Kilogrammes Körpergewicht und die Zeitstunde. Da aber die in der Athemluft davongehende Wassermenge zu 0,296 Grm. für dieselben Einheiten angenommen werden kann (§. 718) und die Wasserdünste der Einathmungsluft noch in Abzug kommen, so folgt, dass viel mehr Wasser an der Haut als in den Lungen verdampft.

§. 793. Dieser Unterschied rührt wahrscheinlich von zweierlei Ursachen her. Der raschere Luftwechsel (§. 790) begünstigt den Austritt von Wasserdämpfen, weil immer neue Luftmassen herbeiströmen und bald erwärmt werden, so dass sie mehr Wasserdünste aufnehmen, wenn sie selbst früher mit diesen für ihren niedrigeren Wärmegrad gesättigt waren. Der Feuchtigkeitszustand und die Temperatur der umgebenden Atmosphäre werden deshalb die Menge von Wasser, das wir an der Haut verlieren, bestimmen helfen. Ein anderes Bedingungsglied liegt in der Beschaffenheit der Hautgewebe. Diese lassen wahrscheinlich Wasserdämpfe mit verhältnissmässig grosser Geschwindigkeit durch, so dass sich die Ausflussmenge der Wasserdünste beträchtlich erhöht. Alle Wirkungen der Ernährung und der Nerventhätigkeit, welche diesen Factor berühren, können deshalb die Wasserausscheidung unseres Körpers ändern.

Ursprung der Wasserdämpfe.

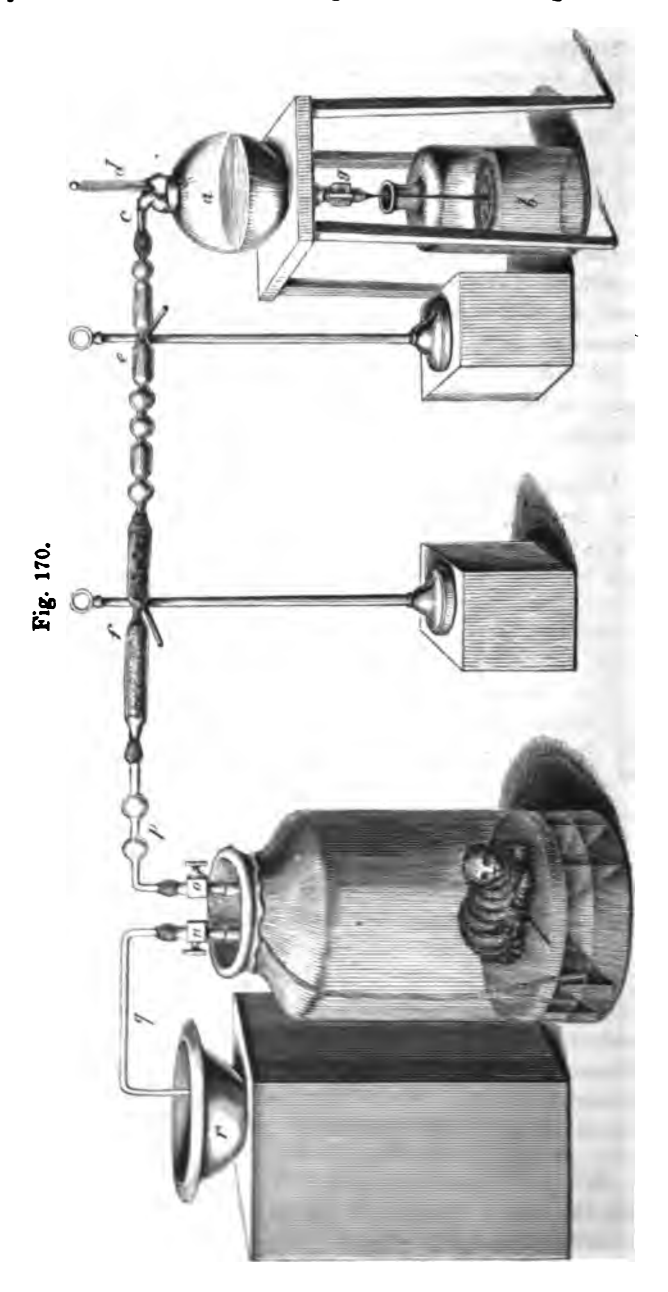
§. 794. Ein kleiner Theil der Wasserdämpfe, die an der Hautoberfläche entfernt werden, rührt von der Verdunstung der in den Hautdrüsen (Taf. IV. Fig. LXII. *ihk*) und den Haarbälgen (Taf. IV. Fig. LXIII. *g*) vorhandenen Flüssigkeit her. Die grössere Menge stammt aus den tieferen durchfeuchteten Oberhautschichten (Taf. IV. Fig. LXII. *cbl*), der wasserreichen Lederhaut (*df*) und den in ihr enthaltenen Blutgefässen (*e*). Die Wasserdünste durchsetzen die Spalten und die Gewebtheile der trockenen Oberhautlagen (*ahlc*), deren Hornzellen Feuchtigkeit mit Begierde anziehen oder in hohem Grade hygroskopisch sind.

Untersuchung des Gaswechsels.

§. 795. Man hat in neuerer Zeit zweierlei Hauptmethoden benutzt, um die Veränderungen, welche die Perspiration eines Thieres in einer umgebenden Gasmasse erzeugt, zu verfolgen. Die eine wechselt nicht die Atmosphärenmasse während der Versuchsdauer, die andere dagegen sucht die Integrität derselben fortwährend herzustellen. Jene wurde von Erlach und diese von Regnault und Reiset gebraucht.

§. 796. Fig. 170 zeigt den Apparat, welcher der Benutzung einer und derselben Atmosphärenmasse entspricht. Das Thier befindet sich auf einem passenden Gerüste in einem grösseren, mit Luft gefüllten Behälter *h*,

Fig. 170.



dessen hermetisch eingekitteter Deckel *m* zwei mit Hähnen (*n* und *o*) versehene Abzugsröhren besitzt. Die eine führt zu einer mit Asbest und Schwefelsäure gefüllten Röhre *p* (§. 708), einem Kohlensäureeudiometer *f* (§. 737) und einem Sauerstoffeudiometer *e* (§. 736), das sich mit der Knieröhre *c*, des Aspirators *a* verbindet, die andere dagegen zu dem Heber *q*, der eine concentrirte Salzlösung aus *r* nachsaugt, wenn der Aspirator *a* Luft aus dem Behälter *h* durch das Röhrensystem *pfec* hinüberzieht. Die Wasserdämpfe bleiben dabei in *p*, die Kohlensäure in *f* und der Sauerstoff in *e*. Das Thermometer *d* bestimmt die Temperatur und die Maassflasche *b* das Volumen des übergegangenen Stickstoffes (§. 735). Die Gewichtsunterschiede von *f* und *e* vor und nach dem Versuche geben die Gewichtsmengen der Kohlensäure und des Sauerstoffes an, die dem bekannten Stickstoffvolumen entsprechen. Dieses lässt sich in den aequivalenten Gewichtswerth verwandeln, wenn man den Barometerstand und die durch *d* angegebene Temperatur kennt (§. 732). Man erhält daher zunächst die procentige Zusammensetzung einer Gasmischung, die gewissermaassen die Resultante aller einzelnen, während des Versuches thätigen Athemwirkungen darstellt. Kennt man die Volumina des Behälters *h*, des Gerüstes, auf dem sich das Thier befindet, und den Rauminhalt des letzteren, so lassen sich auch die absoluten Werthe bestimmen. Man muss hierbei nicht vergessen, dass eine dem abgezogenen Luftvolumen entsprechende Menge von Salzlösung von *r* durch *q* nach dem Boden des Behälters allmälig abgeflossen ist und die Dampfspannung dieser Flüssigkeit und nicht reinem Wasser entspricht (§. 699).

Dieses Verfahren schliesst den Uebelstand in sich, dass sich die Luft des Behälters *h* mit Kohlensäure fortwährend schwängert. Unregelmässige Athembewegungen und Erstickungsgefahr treten deshalb bei zu langer Versuchsdauer oder zu kleinem disponibeln Luftvolumen auf. Man hat hier oft eine Reihe regelwidriger Bedingungen, deren Anfang sich nicht immer dem Blicke des Beobachters sogleich verräth.

§. 797. Regnault und Reiset glaubten diese Uebelstände durch eine Vorrichtung, in der die Kohlensäure fortgenommen und immer neuer Sauerstoff zugeführt wurde, beseitigt zu haben. Fig. 171 (a. f. S.) zeigt uns den Apparat, wie er zur Untersuchung der Perspiration nicht ganz kleiner Geschöpfe hergestellt wurde. Man bringt das Thier von unten her in den hermetisch verschliessbaren Behälter *A* und umgiebt ihn mit einem grösseren Glascylinder *BB' D' D*. Dieser ist mit Wasser, dessen Wärme während der ganzen Versuchszeit oder am Anfange und dem Ende derselben gleich erhalten wird, angefüllt. Das Thermometer *T* giebt daher auch von Wärme in dem Athmungsbehälter *A* Rechenschaft. Das Abzugsrohr *fed* verbindet *A* mit dem Manometer *b*, welches die Spannung der in *A* befindlichen Luft anzeigt. *ghr'* kann mit dem eudiometrischen Apparate *r'' u' b' c' d'* vereinigt werden. Ist dieser mit Quecksilber gefüllt und lässt man einen Theil desselben durch die Umdrehung des Hahnes *R* ab, so wird eine zur eudiometrischen Untersuchung dienende Probe des in *A* enthaltenen Gases nach *u' b'* übertreten.

ik'l und *jkl'* hängen mit zwei Pipetten *CC'* zusammen. Diese enthalten gewogene Mengen von Kalilösung, deren Kohlensäuregehalt vor dem Versuche bestimmt worden. Sie sind durch ein elastisches Zwischen-

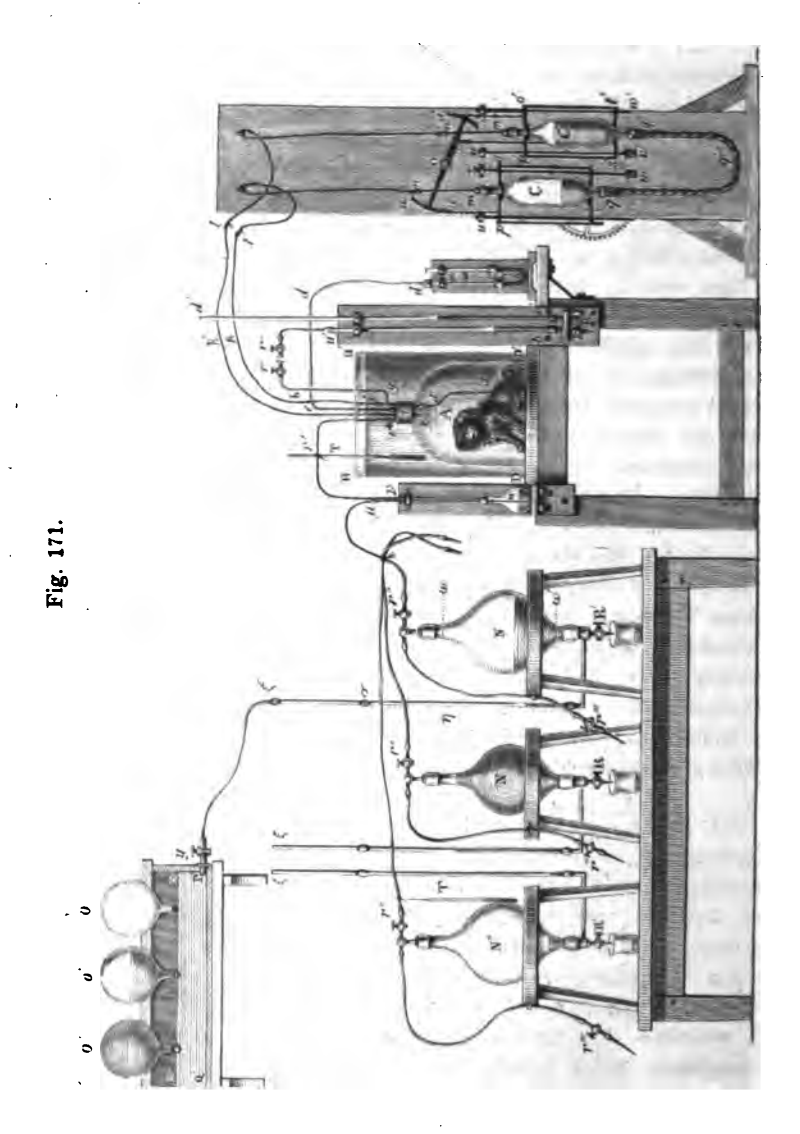


Fig. 171.

rohr *qq''q'* wechselseitig verbunden. Ein von einem Uhrwerke getriebenes Hebelwerk, das man zwischen *non'* und *s't'* sieht, bewegt sie fortwährend auf und nieder. Ist *C'* unten und *C* oben, so enthält *C'* die Kalilösung, während *C* Luft aus dem Behälter *A* und dem Zwischenrohre *jkl'*, das tiefer hinabragt, ansaugt. Befindet sich aber umgekehrt *C'* an der höchsten und *C* an der tiefsten Stelle, so nimmt *C'* Luft durch das höher endende Verbindungsrohr *ik'l* auf und treibt dafür die in *C* befindliche

Luft, die indessen ihre Kohlensäure an die Kalilösung abgegeben hat, nach A zurück. Die durch den Gang des Uhrwerkes unterhaltene Fortsetzung dieses Wechselspieles sucht die Kohlensäure, welche die Perspiration des Thieres erzeugt hat, aus dem oberen und dem unteren Theile des Behälters A so schnell als möglich zu entfernen.

Da die in A enthaltene Luft eine gewisse Menge ihrer Bestandtheile durch diese Entfernung der Kohlensäure und die Absorption des Sauerstoffs verliert, so wird sie zunächst verdünnt. Ihre geringere Spannung bewirkt aber, dass Sauerstoff hinübergesogen wird. Er ist in N eingefüllt worden, geht durch $r''\mu$ nach der mit Kalilösung versehenen Flasche M und gelangt durch $v v' r$ in den Behälter A. Eine gesättigte Lösung von Chlorcalcium, die $o''o'o$ im Anfange vollständig ausfüllte und zunächst von $x x' P' Q'$ durch $y \zeta \sigma \eta$ abfliesst, ersetzt den aus N davongehenden Sauerstoff. r''' dient zur ursprünglichen Einfüllung desselben. Man kennt aber das Volumen, welches N zwischen den Marken ω und ω' enthält. N'' ist ein mit Sauerstoff gefüllter Reserveballon. N' dagegen hat schon allen Sauerstoff bis zur oberen Marke verloren und dafür Chlorcalciumlösung aufgenommen.

Man kann die Kohlensäure, welche die in $C q q'' q' C'$ befindliche Kalilösung nachträglich aufgenommen, und den Sauerstoff, der aus N, N' und N'' innerhalb der Marken $\omega \omega'$ abgeflossen ist, bestimmen. Zieht man nun noch eine Luftprobe aus A nach $r' r'' u' b' c'$ am Ende des Versuches hinüber und prüft diese in einer Volumenanalyse (§. 744), so wird man über die Stickstoffverhältnisse Aufschluss erhalten, wenn alle Kohlensäure fortgenommen und der absorbirte Sauerstoff genau ersetzt worden.

Die Thiere leben Tage lang in dem Behälter A ohne Beschwerde fort. Sie liefern daher dann grosse Mengen ausgeschiedener Kohlensäure und verbrauchten Sauerstoffs. Sie verzehren die ihnen mitgegebene Nahrung und befinden sich nach dem Versuche vollkommen wohl. Man kann dessenungeachtet bezweifeln, dass die Ergebnisse die Folgewirkungen der regelrechten Perspiration ausdrücken.

Es fragt sich zunächst, ob der gleichartige Gang des Uhrwerkes die in A enthaltene Luft von ihrer Kohlensäure in jedem Augenblicke vollständig befreit, obgleich sie mit einer wechselnden Geschwindigkeit, die von der Grösse, der Individualität und der Athmungsmechanik des Thieres abhängt, der in A enthaltenen Atmosphäre beigemischt wird. Untergeordnete Störungen, die relativ unbedeutend sind, können noch durch den entleerten Harn, der Kohlensäure entbindet, den Koth, aus dem wahrscheinlich ebenfalls Gase austreten, und die davongehenden Blähungen erzeugt werden. Der kleine Fehler, den die Volumenanalyse der Probe der Endluft giebt, vervielfältigt sich in bedeutendem Grade für das Endresultat des Stickstoffs, weil man den erhaltenen Werth auf ein grosses Luftvolumen zurückführen muss.

Die Art, wie das Thier athmet, wird sich am nachdrücklichsten geltend machen. Aendert der Wechsel der Athmungsmechanik die gegenseitigen Beziehungen der ausgeschiedenen Kohlensäure und des verzehrten Sauerstoffs (§. 756), so hat man hier ein variables Glied, das von einem Athemzuge zum anderen eingreift. Kann das Thier nicht wie in freier

Luft athmen, so wird eine noch so lange fortgesetzte Versuchsreihe die hierdurch bedingten Abweichungen nicht aufheben, wenn auch die grösseren erhaltenen Kohlensäure- und Sauerstoffmengen andere Beobachtungsfehler verkleinern. Setzt man aber Hunde, Kaninchen oder Mäuse einem starken Luftstrome mittelst des Aspirators aus, so finden sich häufig regelwidrige Athembewegungen ein. Mäuse und Kaninchen nehmen dessenungeachtet noch Futter zu sich. Die Athemzüge von Thieren, die in feuchter Luft eingeschlossen sind, werden bald, nach Lehmann und Buchheim [18]), häufiger und tiefer. Eine regelrechte Athmung kann daher auch in diesem Apparate nicht durchgreifen.

Kohlensäure und Sauerstoff der Perspiration.

§. 798. Man wird die Verhältnisse der durch die Perspiration ausgeschiedenen Kohlensäure und des verzehrten Sauerstoffs am einfachsten übersehen, wenn man 1 Kilogr. Körpergewicht und eine Stunde als Einheiten voraussetzt. Dieses Reductionsverfahren schliesst den unvermeidlichen Fehler in sich, dass man das Bruttogewicht der Körpermasse zum Grunde legt, während erst das Nettogewicht die wahren Werthe liefern würde (§. 575). Die Berechnungen der absoluten Mengen der ausgeschiedenen Kohlensäure und des verschwundenen Sauerstoffs setzen die Kenntniss der specifischen Gewichte der gebrauchten Thiere voraus (§. 796). Regnault und Reiset nahmen sie der Kürze wegen = 1 an. Ich habe die Zahlen von Erlach auf dieselbe Basis des Vergleiches wegen zurückgeführt. Die Fehler, welche von diesen beiderlei Arten von Unrichtigkeiten herrühren, verschwinden vor den Schwankungen, welche die Eigenthümlichkeit der Athmungsmechanik und die Beschaffenheit der umgebenden Atmosphäre bedingen.

Dieses vorausgesetzt, so erhalten wir:

Nach Erlach, in Grm.				
Thier.	Körpergewicht für je ein Thier im Durchschnitt.	Kohlensäuremenge für 1 Kilogr. Körpergewicht und 1 Stunde.	Gewicht der Kohlensäure, das des verzehrten Sauerstoffs = 1.	Zahl der Beobachtungen.
Junge Hunde . . .	515 bis 943	0,859 bis 1,464	1,023 bis 1,084	3
Junge Katzen . . .	792	0,820 „ 1,937	1,022 „ 1,150	4
Kleine Kaninchen .	165,6 bis 342,3	0,997 „ 2,173	0,909 „ 1,272	5
Trächtiges Meerschweinchen und dasselbe Thier nach d. Gebären	359 bis 481	1,095	1,239 „ 1,427	4
Männliches Meerschweinchen . . .	566	1,013	1,357	1
Neugeborene Meerschweinchen . . .	61	2,514 bis 4,299	1,049 bis 1,682	6
Eichhörnchen, in lebhafter Bewegung begriffen .	292	2,502 „ 3,828	1,018 „ 1,462	3
Mäuse	11	11,560 „ 13,102	1,132 „ 1,135	2
Sehr junge Hühner	315	2,488 „ 3,482	1,191 „ 1,324	6
Haustauben	336	0,880 „ 2,513	0,893 „ 1,370	6
Frösche	11 bis 60	0,072 „ 0,178	1,032 „ 1,263	5

Nach Regnault und Reiset, in Grm.				
Thier.	Körpergewicht für je ein Thier im Durchschnitt.	Kohlensäuremenge für 1 Kilogr. Körpergewicht und 1 Stunde.	Gewicht der Kohlensäure, das des verzehrt. Sauerstoffs = 1.	Zahl der Beobachtungen.
Hunde	4712 bis 6393	0,900 bis 1,737	0,952 bis 1,296	12
Kaninchen	2313 „ 4140	0,680 „ 1,399	0,925 „ 1,371	11
Hühner	851 „ 2020	0,817 „ 2,007	0,862 „ 1,472	16
Enten	1133 „ 1458	1,306 „ 2,280	0,857 „ 1,227	5
Grünfink	17,5 „ 25	9,240 „ 14,007	0,950 „ 1,043	3
Kreuzschnabel . .	28,6	12,032	1,096	1
Sperling	22	10,480	1,093	1
Unversehrte Frösche	37,4 bis 70	0,061 bis 0,110	0,860 bis 1,033	5
Frösche mit ausgeschnittenen Lungen	57,5 „ 92,5	0,049 „ 0,072	1,052 „ 1,094	2

§. 799. Obgleich die Versuche von Erlach in einem abgeschlossenen Luftraume, der sich nach und nach mit Kohlensäure schwängerte und nur kürzere Beobachtungszeiten gestattete, angestellt wurden, so geben sie doch so ziemlich die gleichen absoluten Kohlensäuremengen und dieselben auf keine bestimmten Normen zurückführbaren Schwankungen der relativen Quantitäten des verzehrten Sauerstoffs, wie die länger anhaltenden Prüfungen von Regnault und Reiset, in denen für den Luftwechsel gesorgt und der Kohlensäuregehalt der Einathmungsluft geringer war. Dieses bestätigt die Vermuthung, dass sich eine regelwidrige Athmungsmechanik in beiden Beobachtungsreihen geltend machen konnte.

Perspiration kleinerer Thiere.

§. 800. Der Gaswechsel fällt viel lebhafter in kleineren als in grösseren Geschöpfen unter sonst gleichen Nebenbedingungen aus. Mäuse lieferten z. B. durchschnittlich 10 Mal so viel Kohlensäure als Hunde, nach Erlach's, und Sperlinge 7,4 Mal so viel nach Regnault's und Reiset's Beobachtungen. Wir werden noch andere, ähnliche Werthe bei der Betrachtung der thierischen Wärme kennen lernen und die Vortheile, welche dieser Unterschied darbietet, dort erläutern. Dieselbe Einheit jüngerer Säugethiere liefert auch einen stärkeren Gasaustausch als die von älteren Geschöpfen.

Individualitätsverhältnisse.

§. 801. Man sieht aus der §. 798 gegebenen Tabelle, dass nicht bloss der Körperumfang, sondern auch die Classe, zu der das Thier gehört, und die Individualität desselben überhaupt die Quantität des Gaswechsels wesentlich bestimmen. Sie ist in Vögeln meistentheils grösser als in Säugethieren und in den Fröschen unverhältnissmässig klein. Die Ausrottung der Lungen der Frösche setzte die Kohlensäure und den verzehrten Sauerstoff nicht um die Hälfte herab. Die Haut besorgt hier den grössten Theil des Gaswechsels, während die Lungen der warmblütigen Geschöpfe das Meiste übernehmen und die äussere Körperoberfläche nur wenig Kohlensäure entlässt und geringe Sauerstoffmengen einführt. Der Gasaustausch der Haut beträgt in Säugethieren weniger als $^1/_{50}$ des Gaswechsels der Lungen.

Einfluss der Bewegung.

§. 802. Die Bewegung erhöht die Hautausdünstung in hohem Grade. Eine und dieselbe Hautstelle lieferte, nach Gerlach, 117 Mal so viel Kohlensäure, wenn das Pferd in Trab gesetzt wurde, als wenn es ruhig stehen blieb. Der oben angeführte hohe Perspirationswerth des Eichhörnchens ist auch zum grossen Theile der fortwährenden Unruhe des Thieres zuzuschreiben.

Ausdünstung des Menschen.

§. 803. Scharling und Hannover haben die Kohlensäure der Perspiration des Menschen zu bestimmen gesucht, indem sie diesen in einen Behälter hermetisch einschlossen, einen anhaltenden Luftstrom mittelst des Aspirators (§. 708) durchzogen und die Kohlensäure des austretenden Gasgemenges durch Kalilösung absorbirten. Der erwachsene Mann gab hiernach durchschnittlich 0,447 bis 0,592 Grm. für 1 Kilogr. Körpergewicht und 1 Stunde. Eine Frau hatte 0,451 Grm. und zwei Kinder 0,831 und 0,904 Grm., also relativ mehr.

§. 804. Vergleicht man hiermit die §. 798 angeführten Werthe, so findet man, dass der erwachsene Mensch verhältnissmässig weniger Kohlensäure als jedes der oben angeführten Säugethiere liefert. Ein Hauptgrund

liegt wahrscheinlich in der grösseren Körpermasse. Man darf übrigens noch zwei andere Umstände nicht übersehen. Der einfache Durchzug eines Aspirators lässt die Luft eines grösseren Behälters nicht vollkommen wechseln, so dass etwas zu wenig Kohlensäure zum Kali gelangen kann. Die Menschen athmeten aber andererseits ruhiger als in oder an künstlichen Vorrichtungen. Scharling und Hannover erhielten daher für die Summe der Lungen- und der Hautausdünstung etwas kleinere Werthe als Andral, Gavarret, Brunner und ich für die Lungenausdünstung allein gefunden haben (§. 772).

Verhältniss der Haut- zur Lungenausdünstung.

§. 805. Die Mengen von Kohlensäure, welche durch die Haut des Menschen austraten, betrugen, in Scharling's Beobachtungen, $^1/_{25}$ bis $^1/_{52}$ der Kohlensäuremassen, welche die Lungen entliessen. Nimmt man die Durchschnittsgrössen, so würde 1 Kilogr. erwachsenen Mannes 0,505 Grm. Kohlensäure in der Lungenluft und 0,014 Grm. in der Hautausdünstung stündlich fortführen.

Statistische Perspirationsbestimmungen.

§. 806. Man hat bis jetzt noch nicht versucht, die Gesammtmenge des Sauerstoffs, die ein Mensch in seinen Lungen und der äusseren Haut aufnimmt, und die Kohlensäure, die er dafür abscheidet, unmittelbar zu verfolgen. Man kann sich einen ungefähren Begriff der beiderseitigen Mengen durch die statistische Untersuchung der Ernährungsverhältnisse, wie wir später sehen werden, verschaffen. Die Ergebnisse dürfen jedoch nur als erste, mit vielen Fehlerquellen behaftete Annäherungen betrachtet werden.

§. 807. Barral hat eine hierher gehörende Untersuchungsreihe geliefert. Berechnet man die procentigen Werthe der elementaranalytischen Bestandtheile der festen Rückstände des Harns und des Kothes aus den von jenem Forscher angegebenen absoluten Grössen, so findet man, dass sie für die verschiedensten Personen und Zeiten übereinstimmen. Da dieses in der Wirklichkeit nicht vorkommt, so folgt, dass eine Analyse den mannigfachsten Producten zum Grunde gelegt worden. Die Ergebnisse sind daher noch unsicherer, als sie nach der Natur des Verfahrens ausfallen könnten. Es fand sich:

Person, Alter und Körpergewicht.	In Grm. ausgedrückte 24stündige Menge.		Für 1 Kilogr. Körpergewicht und 1 Stunde ausgehauchte Kohlensäure in Grm.	Gewicht der Kohlensäure, das des Sauerstoffs = 1.
	des verzehrten Sauerstoffs.	der ausgehauchten Kohlensäure.		
Barral selbst, 29 Jahre alt und 47,5 Kilogr. schwer	1061,5	1230,9	1,08	1,16
Desgl.	773,3	884,4	0,78	1,15
59jähriger Mann von 58,7 Kilogr.	889,1	1088,3	0,77	1,23
32jähriges Frauenzimmer von 61,2 Kilogr.	886,7	1006,9	0,68	1,14
6jähriger Knabe von 15 Kilogr.	423,4	514,0	1,43	1,21

Das Mittel des relativen Gewichtes der ausgehauchten Kohlensäure wäre hiernach 1,178 (§. 759).

Einfluss der Nahrung.

§. 808. Wir haben schon §. 769 gesehen, dass man kein sicheres Urtheil über den Einfluss, den die Nahrung auf die Athmung ausübt, ohne Berücksichtigung der gleichzeitigen Verhältnisse der Athmungsmechanik fällen kann. Wenn überdies die Kohlensäure und der Sauerstoff nicht unmittelbar bestimmt, sondern indirect aus der Berechnung der Einnahmen und der Ausgaben des Körpers gefunden werden, so steigt die Grösse der möglichen Irrungsquellen in nicht geringem Maasse.

Bidder und Schmidt erhielten z. B. aus solchen Bestimmungen:

Thier.	Nahrungsweise.	Gewicht der Kohlensäure in Grm. für 1 Kilogr. Körpermasse u. 1 Stunde.	Gewicht der Kohlensäure, das des Sauerstoffs = 1.
Katze	Hungernd.	0,900	1,05
	Starke Fleischfütterung.	1,424	1,16
Kater	Hungernd, bei bedeutender Wasseraufnahme.	0,679	1,04
	Normaler Stoffwechsel ohne Nahrungsüberfluss und mit beliebiger Wasseraufnahme.	0,847	1,09
	Normale Fleischfütterung ohne Wasseraufnahme.	0,887	1,09
	Grösstmögliche Nahrungssteigerung bei ungehinderter Wasseraufnahme.	1,453	1,09
Junger Kater	Grösstmögliche Fleischfütterung.	1,602	1,09

Die Einflüsse des Hungerns (§. 768) und der jüngeren Lebenszeit auf die Kohlensäuremengen (§. 772) treten auch hier deutlich hervor. Die übermässige Fleischfütterung erhöht sie aus leicht begreiflichen Gründen. Die Normen der Sauerstoffabsorption lassen sich für jetzt nicht feststellen.

Stickstoff und Dämpfe.

§. 809. Die den Stickstoff betreffenden Verhältnisse sind schon §. 761 und §. 766 angeführt worden. Dämpfe von Ammoniak lassen sich wenigstens oft in der Hautausdünstung von Pferden nachweisen. Essigsaures Ammoniak verflüchtigt sich, nach älteren Angaben, bei reichlicher Schweissbildung. Der eigenthümliche Geruch schwitzender Hautstellen scheint von der Verdunstung flüchtiger Fettsäuren, z. B. von Caprylsäure (§. 107), herzurühren.

Einfluss der Wasserbäder.

§. 810. Ein Wasserbad kann die Thätigkeit der Haut gewissermaassen umkehren. Die tropfbar flüssige Umgebung bietet die von ihr absorbirten Luftmassen dem Gaswechsel dar. Ihr Absorptionsvermögen muss für die Art und Weise, wie dieser eingeleitet wird, von Bedeutung sein. Sie setzt ihn aber in jedem Falle herab. Hat das Wasser die Oberhautschichten durchtränkt (§. 331), so leitet es eine endosmotische Strömung ein,

deren Ergebniss von seiner Beschaffenheit, der Zusammensetzung des Blutes, der Ernährungsflüssigkeit und der Natur der trennenden Scheidewände abhängt. Das Körpergewicht kann durch diese Wirkungsart zunehmen, während ihm die gewöhnliche Hautausdünstung Verluste bereitet.

Absonderung.

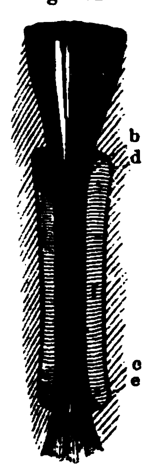
§. 811. Die porösen Gefässwände lassen flüssige Verbindungen des Blutes in ihrem gesammten Verbreitungsbezirke durchschwitzen. Diese gelangen zunächst in die benachbarte Ernährungsflüssigkeit, welche die Gewebe im Quellungszustande (§. 332) erhält und die Spalträume derselben ausfüllt. Es kommt häufig vor, dass sich eigenthümliche Mischungen in besonderen Höhlen sammeln und Absonderungen, Secrete bilden. Sie werden an den Innenflächen grösserer und kleinerer, offener oder geschlossener Hohlräume des Körpers nebenbei erzeugt oder in besonderen Apparaten, den Absonderungsdrüsen, bereitet. Die entsprechenden Bezirke der Ernährungsflüssigkeit bilden die nächsten und die kreisenden Blutmassen die entfernten Vermittler der Ausscheidung. Die Anziehungserscheinungen liefern auch hier das ursprüngliche Bestimmungsglied, vor dem die Beziehungen der Drucke, wie bei der Endosmose, zurücktreten müssen (§. 340).

Absonderungen.

§. 812. Die niederste Form eines Absonderungswerkzeuges setzt nur die Anwesenheit einer ausscheidenden Gewebeansammlung und eines aufnehmenden Hohlraumes voraus. Die Begrenzungshaut des letzteren breitet sich, wie es die Nebenverhältnisse gebieten, aus, ohne dass besondere Hülfsmittel zur Vergrösserung ihrer Oberfläche benutzt werden. Die meisten serösen Häute im weiteren Sinne des Wortes und viele Bezirke einzelner Schleimhäute gehören zu dieser Gruppe von Secretionsorganen. Die Hüllen des Gehirnes und des Rückenmarkes, der Herzbeutel, das Lungenfell, das Bauchfell, die Scheidenhaut des Hodens, die Sehnenscheiden bilden eingestülpte, und die Gelenkkapseln und die Schleimbeutel vollständige oder unvollständige, einfache oder mit Nebenbeuteln versehene Säcke, in deren Höhlen sich das Absonderungserzeugniss ansammelt.

Einfachste Absonderungswerkzeuge.

Fig. 172.



Die Schemenzeichnung, Fig. 172, kann die Verhältnisse eines solchen einfachen Sackes versinnlichen. Ist *a* die Sehne eines grösseren Muskels, so schmiegt sich das innere Blatt *bc* der Sehnenscheide der Sehne selbst bei vollständiger Ausbildung der Verhältnisse genauer an. Es schlägt sich dann zu dem freieren äusseren Blatte *de* um. Der zwischen beiden befindliche Hohlraum *f* nimmt die Absonderung auf.

§. 813. Es kommt unter krankhaften Verhältnissen vor, dass geschlossene Blasen oder Cysten eine wässerige oder schleimigte Flüssigkeit führen. Diese Hydatiden können als regelwidrige Absonderungs-

Absonderungscysten.

behälter angesehen werden. Die kleinen Blasen der Gebärmutterschleimhaut, die man mit dem unpassenden Namen der Naboth'schen Eichen zu bezeichnen pflegt, gehören wahrscheinlich ebenfalls hierher. Die Malpighi'schen Körperchen der Milz oder die Milzbläschen dagegen, deren Anheftung an den Arterienscheiden Fig. 173 darstellt und die solitären Drüsen, welche Fig. 174 aus den Peyer'schen Drüsenflecken des Krumm-

Fig. 173.



Fig. 174.

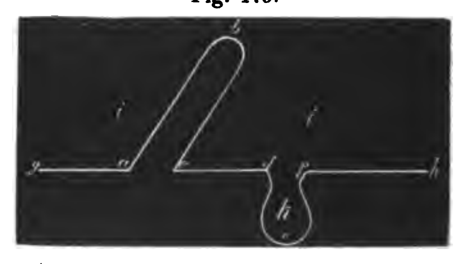


darmes unterhalb der Darmzotten vergrössert zeigt, dürfen, nach neueren Beobachtungen, nicht mehr als ganz einfache Secretionsorgane betrachtet werden, weil reichliche Blutgefässnetze den Inhalt der solitären Drüsenbläschen, nach Frey (Taf. VI. Fig. XCII.), und den der Milzbläschen, nach Koelliker, durchziehen. Die Stellung der geschlossenen Bälge der Zungenwurzel und der Mandeln lässt sich für jetzt nicht bestimmen.

Einfachste Oberflächenvergrösserung.

§. 814. Das nächste Mittel, die Absonderungsfläche zu vergrössern, besteht in der Einschaltung von Hügeln oder Vertiefungen. Denken wir uns, *ii*, Fig. 175, entspreche einem Theile des senkrechten Durchschnittes des Darmrohres und *gh* sei der der Oberfläche der Schleimhaut, deren Dicke über *e* hinausreicht, so wird *abc* länger als *ae*, und *def* länger als *df* ausfallen. Die aus *abc* hervorgehende Umdrehungsfläche ist grösser als der Kreis, der *ac* zum Durchmesser hat. Dasselbe wiederholt sich für die Rotationsfläche von *def* in Bezug auf die von *df*. Die Schleimhaut des Dünndarmes erhält daher eine ausgedehntere Oberfläche durch die in die Darmhöhle *ii* hineinragenden Zotten und die in der Schleimhautmasse eingebetteten Lieberkühn'schen Drüsen. Die grösseren Kerkring'schen Falten des Darmes und die mikroskopischen Hügel, welche die Bindehaut und die meisten Schleimhäute besitzen, vermehren in ähnlicher Weise das Areal der thätigen Oberflächen.

Fig. 175.



Seitenausstülpungen.

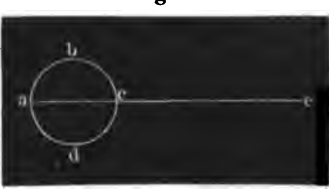
§. 815. Eine Ausstülpung, *abc*, Fig. 176, kann ihre Absonderungsfläche durch seitliche untergeordnete Erweiterungen, *efg*, *ghi*, *ikl* u. s. f. vergrössern, weil wiederum *efg* länger als *eg* ist. Viele kleinere Drüsen, wie die des Magens (§. 265) (Taf. IV. Fig. LIII. *abc*), sind mit solchen

Seitenausstülpungen versehen. Diese treten auch bisweilen in der Form von Endköpfchen als die Schlussgebilde kurzer Absonderungscanäle auf. Man erhält hierdurch einen Uebergang zu den zusammengesetzteren Drüsenarten. Die Meibom'schen Drüsen der Augenlider (Taf. IV. Fig. LII. *b*) können diese Verhältnisse näher versinnlichen.

Fig. 176.



Fig. 177.



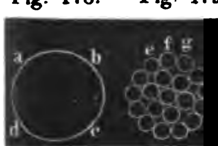
Drüsengänge.

§. 816. Ist *abcd*, Fig. 177, ein Kreis mit dem Durchmesser *ac*, so wird die Peripherie *abcd* der Linie *ae* gleichen, wenn diese 3,14 Mal so gross als *ac* ausfällt. Eine Absonderungsfläche müsste daher, eben auseinandergelegt, die eine Dimension einseitiger, als wenn sie eingerollt wäre, vorherrschen lassen. Der letztere Fall bestimmt einen Hohlraum von entsprechendem Querschnitt, während der erstere einen unendlichen oder unbestimmten Nebenraum möglich macht. Dieser doppelte Unterschied erklärt es, weshalb die Drüsen aus absondernden Röhren, den Drüsengängen oder den Drüsencanälen, bestehen.

Röhrenform der Drüsengänge.

§. 817. Gesetzt, *abcd*, Fig. 178, sei der kreisförmige Querschnitt eines zu Gebote stehenden Raumes von gegebener Länge, so muss eine kleinere Absonderungsfläche, die durch *abcd* gemessen wird, herauskommen, wenn man nur ein Rohr von dem ganzen Querschnitt *abcd* nimmt, als wenn man möglichst viele kleinere Röhren *e*, *f*, *g*, Fig. 179, in den gleichen Querschnitt eindrängt. Fassen wir die Frage von ihrer einfachsten Seite auf und lassen die Zwischenräume und die Wanddicken der schmaleren Röhren unberücksichtigt, so wächst die Absonderungsfläche in umgekehrtem Verhältnisse der Durchmesser oder in geradem der Quadratwurzel der Zahl der Röhren, wenn überall kreisförmige Querschnitte vorhanden sind und die Summe der unter sich gleichen Querschnitte der kleineren Röhren gerade eben so gross als der Querschnitt der einen grösseren Röhre ist. Schlägt man z. B. den mittleren Durchmesser eines Harncanälchens der Niere zu $^1/_{22}$ Mm. an, so wird die Absonderungsfläche unter jener Voraussetzung 22 Mal so gross für die gleiche Länge ausfallen, als wenn ein Harncanälchen 1 Mm. im Durchmesser hätte. Die Wanddicke derselben setzt diesen Werth in der Wirklichkeit mehr herab, als die nur sehr engen Zwischenräume, die zwischen den gewundenen Harncanälchen übrig bleiben.

Fig. 178. Fig. 179.



§. 818. Der Gebrauch von Drüsengängen mit kleinen Querschnitten gewährt noch den Vortheil, dass die Absonderungsfläche im Verhältniss zum Lumen der Röhre zunimmt (§. 462). Ist z. B. *ac*, Fig. 180 (a. f. S.), als Halbmesser des grösseren Rohres doppelt so gross, wie der Halbmesser *ab*

des kleineren, so hat auch die Absonderungsfläche ein zwei Mal so günstiges Verhältniss zum Querschnitt, wenn man wiederum die Wanddicke vernachlässigt. Da diese Beziehung durch den Ausdruck $\frac{4}{d}$ gemessen wird, wenn d den Durchmesser bezeichnet, so steht sie im umgekehrten Verhältniss zur Grösse des Diameters.

Fig. 180.



Fig. 181.

Fig. 182.



Fig. 183.



Typen der zusammengesetzten Drüsen.

§. 819. Betrachten wir die Längenschnitte, so können die Drüsencanäle vier Haupttypen darbieten. 1) Die ganze Drüse bildet nur ein Aggregat vieler einfacher, mit Nebenbeuteln versehener Drüsen (Fig. 181). 2) Sie besteht aus einer Anhäufung schmaler Röhren, die mannigfach verknäult dahingehen und blind schliessen oder zu Schlingen zusammentreten (Fig. 182). Diese Form liefert die röhrigten Drüsen. 3) Ein Hauptgang theilt sich gabelförmig in immer schmalere untergeordnete Drüsengänge. Die feinsten endigen in der Regel mit kleinen blinden Anschwellungen, den Endköpfchen, den End- oder Terminalbläschen (Fig. 183). Man hat auf diese Weise baumförmig verzweigte oder traubige Drüsen (Fig. 186). Endlich 4) können netzförmige Anastomosen die Gabeläste häufig verbinden. Ein feines Endnetz soll statt der freien Endbläschen in diesen Netzdrüsen vorhanden sein.

§. 820. Die einzelnen einfacheren Drüsen, die dem ersten Typus angehören, und die röhrigen Drüsen theilen sich bisweilen gabelig. Die Zahl ihrer Spaltungen ist aber immer beträchtlich kleiner als die der Drüsen der dritten und der vierten Form.

Drüsen-Aggregate.

§. 821. Die in den meisten Schleimhäuten eingebetteten Drüsengebilde sind entweder einfach, Fig. 175, oder nach dem Schema Fig. 181 gebaut. Die Gesammtgrösse der Absonderungsfläche richtet sich nach ihrer eigenen Ausbildung und der Dichtigkeit ihrer Anhäufung. Die Magendrüsen z. B., Fig. 184 (Taf. IV. Fig. LIII. *a b c*), drängen sich so sehr zusammen, dass ihre Zwischenräume meistentheils weniger Platz als sie selbst in Anspruch nehmen.

Fig. 184.

b
a

Röhrige Drüsen.

§. 822. Die röhrigen Drüsen haben ihre Repräsentanten in den Nieren, den Hoden, den Schweiss- und den Ohrenschmalzdrüsen des menschlichen Körpers. Die beiden zuletzt genannten Drüsenarten bieten kürzere und lockerer verknäulte Drüsengänge, Fig. 185 (Taf. IV. Fig. LXII. *h*, *k*, *n*, *o*, *p*), dar. Die viel längeren Harn- und Samencanälchen dagegen liegen auf das Dichteste zusammengedrängt. Theilungen oder ihnen äquivalente Bildungen vermehren die Zahl der Absonderungsröhren in allen diesen Secretionsgebilden.

Traubige Drüsen.

§. 823. Die meisten grösseren Drüsenmassen unseres Körpers, wie die Thränendrüse, die umfangreicheren Mundspeicheldrüsen (§. 225), die Bauchspeicheldrüse, die Vorsteherdrüse, gehören zu den **traubigen Drüsen**. Die angeschwollenen Endbläschen, welche Fig. 186 aus der Ohrspeicheldrüse zeigt (Taf. VI. Fig. XCVII.), liegen hier dicht beisammen. Die Lungen müssen ebenfalls zu den baumförmig verzweigten Drüsen gerechnet werden, wenn man die Bronchialverästelungen mit Drüsengängen und die Lungenbläschen (Taf. VI. Fig. XCVI.) mit Endköpfchen vergleicht. Die Brustdrüse (*Mamma*) unterscheidet sich von den meisten traubigen Drüsen dadurch, dass die Drüsenröhren nicht von einem, sondern von einer grösseren Menge verzweigter Hauptgänge gebildet werden.

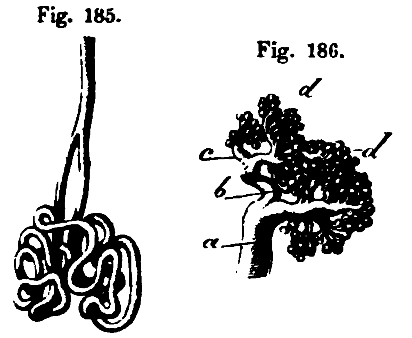


Fig. 185. Fig. 186.

Netzdrüsen.

§. 824. Der vierte Typus ist in der Leber des Menschen gegeben. Die grösseren Gallengänge verbinden sich häufig durch Zwischenröhren. Die Verhältnisse der von den meisten Anatomen angenommenen Endnetze sind aber bis jetzt noch nicht genügend erforscht worden.

Vergleich der Röhren- und der Traubendrüsen.

§. 825. Da die röhrigen Drüsengänge mit verhältnissmässig kleinen Durchmessern anfangen, während die baumförmig verzweigten nach und nach dünner werden, so müssen jene verhältnissmässig grössere Absonderungsflächen unter denselben Nebenbedingungen enthalten. Sie setzen aber der Ausfuhr der Secrete grössere Widerstände entgegen, wenn der Durchmesser ihrer Gänge mit dem der feinsten Theilungsäste der baumförmigen Drüsen übereinstimmt. Lässt man die sparsamen Spaltungen und den hin und wieder vorkommenden Durchmesserwechsel unbeachtet, so wird in ihnen das Secret mit ungefähr gleichförmiger, in den baumförmigen Absonderungscanälen dagegen mit zunehmender Geschwindigkeit austreten. Geringere Adhäsionscoëfficienten oder stärkere äussere Drucke können die Widerstände der verknäulten röhrigen Drüsengänge herabsetzen, ohne den Vortheil der relativ grösseren Absonderungsfläche zu beeinträchtigen.

Grösse der Absonderungsfläche.

§. 826. Man kann die thätige Oberfläche einer Drüse nicht genau berechnen, weil sich die Formen der Drüsengänge und die Grössen der zwischen ihnen übrig bleibenden Räume jeder sicheren Bestimmung entziehen. Schätzungen, die wahrscheinlich noch hinter der Wirklichkeit zurückbleiben, führen zu Werthen, die auf den ersten Blick unglaublich scheinen, nach dem früher (§. 817) Dargestellten hingegen begreiflicher werden. Man kann die absondernde Oberfläche einer Ohrspeicheldrüse zu ungefähr $^1/_3$ der äusseren Körperfläche oder zu 1 Quadratmeter anschlagen. Ein Hode liefert etwa $^1/_5$, eine Niere nahebei $4^1/_2$ und eine Lunge mindestens 6 Quadratmeter.

Absonderungsmengen.

§. 827. Die absoluten, einer Zeiteinheit entsprechenden **Absonderungsmengen** erreichen keine so ungewöhnliche Grösse, als sich nach der beträchtlichen Ausdehnung der Absonderungsflächen erwarten liesse.

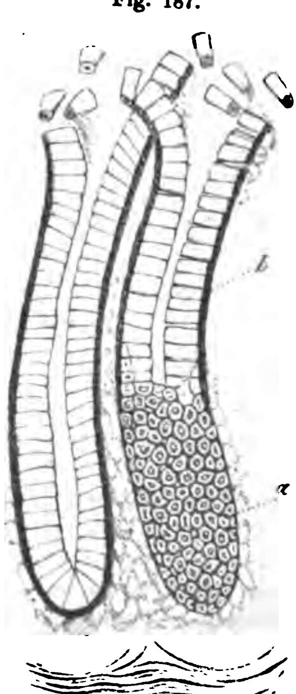
Die geringe Stärke der Secretion an jedem einzelnen Punkte gleicht nämlich die bedeutende Zahl der absondernden Flächenelemente aus. Eine einfache Rechnung kann diesen Satz näher erläutern.

Hat man reichliche Wassermengen bei nüchternem Magen zu sich genommen, so greift bald eine der schnellsten Absonderungsthätigkeiten durch. Der Harn kann dann das Aequivalent von einem Kilogramm getrunkenen Wassers innerhalb drei Stunden abführen. Nehmen wir 1,002 für die mittlere Eigenschwere des entleerten Urins und 8 Quadratmeter für die Absonderungsfläche beider Nieren, so liefert im Durchschnitt ein Quadratcentimeter der letzteren 0,0042 Grm. oder 4 Milligramm Harn für die Stunde. Wir müssten daher die Vergrösserungen des Mikroskopes zu Hülfe nehmen, um die Flüssigkeitsmasse, die in mehreren Minuten an jedem Quadratcentimeter austritt, sehen zu können.

Vortheil der grossen Absonderungsflächen.

§. 828. Dieser Umstand gewährt einen doppelten Vortheil. Da jeder Abschnitt der Drüsenfläche eine verhältnissmässig kleine Menge von Flüssigkeit während einer längeren Zeitdauer auszuscheiden hat, so greifen auch nur Minimalveränderungen in dem Drüsengewebe, der Ernährungsflüssigkeit und dem vorüberströmenden Blute innerhalb jener Zeitdauer durch. Enthält aber eine Absonderung Verbindungen, die erst während einer längeren Arbeitszeit in der Drüse hergestellt werden, so kann sie auch bei momentan rascherer Absonderung in merklicher Menge zum Vorschein kommen, weil immer eine gewisse Quantität fertiger Producte von einer gewissen, wenn auch vielleicht beschränkten Zahl der Milliarden von Drüsenzellen bereit liegt.

Fig. 187.



Drüsenepithelien.

§. 829. Die Innenflächen der Drüsengänge führen verschiedenartige Epithelialgebilde. Fig. 187 zeigt z. B. die stark vergrösserten Epithelialcylinder der Magendrüsen des Schweines theils im Seitenprofil, theils aus der Vogelperspective. Verfolgt man die Verhältnisse in den baumförmig verzweigten Drüsen, so sieht man, dass die Epithelialbildungen nach den feineren Verzweigungen hin einfacher werden. Die Hauptgänge haben in der Regel ein starkes, in seiner Ausbildung fortgeschrittenes geschichtetes Epithelium, während man oft nur freie rundliche Zellen, Kerne und Körner in den Endbläschen bemerkt. Gleichförmige Epithelien pflegen die Absonderungsgänge der röhrigen Drüsen längs ihres ganzen Verlaufes zu begleiten (Taf. V. Fig. LXV. *a*). Es kommt endlich auch in der Leber vor, dass platte, eng bei einander liegende verhornte Zellen, Fig. 188, überall verbreitet sind.

§. 830. Wir haben schon §. 366 gesehen, dass die eingesogenen Fetttropfen in die Epithelialcylinder der Darmzotten eindringen. Man findet Fettkugeln in den Zellen der Innenfläche vieler Drüsen, die fettige Absonderungserzeugnisse liefern. Die Leberzellen enthalten häufig (bei *e* und *f*, Fig. 188) gelbe bis gelbgrüne Tropfen und Massen von unbestimmter Begrenzung, die an die Galle ihrem Aussehen nach erinnern und sich auch oft durch Salpetersäure röthen. Man kann Ablagerungen von Harnsäure in den Epithelialzellen der Nieren wirbelloser Thiere, wie der Schnecken und der Cephalopoden, nachweisen. Setzt man zu diesem Zwecke Salpetersäure hinzu, erwärmt das Ganze und vermischt es mit wässerigem Ammoniak, so zeigt die purpurrothe Murexidfarbe den früheren Gehalt an Harnsäure an.

Inhalt der Drüsenepithelien.

Fig. 188.

Die Samenfaden (Taf. V. Fig. LXXVIII. *a b c*), welche die eigenthümlichsten Bestandtheile des Samens bilden, entwickeln sich allmälig in den Zellen der Samencanälchen des Hodens und des Nebenhodens. Die Fettkügelchen der Milch (Taf. V. Fig. LXXIX. LXXX.) kehren in den Zellen der Absonderungsgänge der Brustdrüsen wieder. Man kann endlich mit vieler Wahrscheinlichkeit annehmen, dass zahlreiche Epithelialzellen derjenigen Absonderungswerkzeuge, die schleimigte Secrete liefern, aufgelöst werden oder wenigstens ihre hornigten Bestandtheile zur Erzeugung der schleimigten Consistenz abtreten müssen.

§. 831. Diese Thatsachen lehren, dass die Zellen, welche die Innenseite der Drüsengänge begrenzen, nicht bloss die Durchgangswege der Absonderungen liefern, sondern auch manche eigenthümliche Producte selbständig erzeugen. Man bezeichnet sie deshalb auch mit dem Namen der Drüsen- oder der Enchymzellen und schreibt ihnen eine höhere Wirksamkeit als den übrigen Epithelialzellen zu.

Drüsenzellen.

§. 832. Die Membranen (Taf. V. Fig. LXV. *a*), welche die feineren und feinsten Drüsengänge begrenzen, erscheinen meist einfach und glashell. Man findet dagegen häufig glatte Muskelfasern (Taf. IV. Fig. LX. LXI.) in den Wänden der mittleren und der grösseren Drüsenröhren. Die Hauptausführungsgänge besitzen so zahlreiche Muskelelemente, dass sie in frisch getödteten Thieren von selbst oder unter dem Einflusse äusserer Reize in Wurmbewegungen verfallen. Diese Einrichtung liefert eine variable Druckgrösse, welche periodisch oder anhaltend eingreifen, die Geschwindigkeit der Bewegung des Secretes und vielleicht auch die Porositätszustände der Wände der Absonderungsröhren ändern kann.

Verkürzung der Drüsengänge.

§. 833. Die verschiedensten Nebenbedingungen bestimmen die Absonderungsmengen der Drüsen. Eine und dieselbe allgemeine Erscheinung wirkt oft auf einzelne Secretionsorgane, während sie andere unberührt lässt. Die häufigere Milchentleerung führt zu einer lebhafteren Thätigkeit der Brustdrüse. Die Verdauung zwingt die Bauchspeicheldrüse zu kräftigeren Leistungen. Nerveneinflüsse lassen die Mundflüssigkeiten in grösseren Mengen austreten und die Thränen in starken Strömen hervorquellen. Die Erhöhung des Wassergehaltes des Blutes vermehrt zwar die Quantitäten des Harnes und allenfalls des Schweisses, nicht aber die des Speichels, des Schleimes, der Thränen und der meisten übrigen Absonderungsproducte.

Aenderung der Absonderung.

Absonderungstheorieen.

§. 834. Man hat sich häufig vorgestellt, dass gewisse Stoffe des vorüberströmenden Blutes in die benachbarten Drüsencanäle durchfiltriren, ohne sich dabei klar zu machen, weshalb ein solcher einseitiger Uebertritt stattfindet und die verschiedenen Absonderungen ungleiche Mengen der einzelnen, häufig wiederkehrenden Verbindungen aufnehmen und manche eigenthümliche Körper nur unter gewissen Nebenverhältnissen einschliessen. Der Versuch, die bis jetzt bekannten Erscheinungen der Hydrodiffusion (§. 330) auf die Absonderungen überzutragen, scheitert ebenfalls bei genauerer Durchführung. Gesetzt, der Inhalt eines Drüsenganges habe ursprünglich eine andere Beschaffenheit als die Ernährungsflüssigkeit und die Blutmasse der Nachbarschaft, so wird er sich mit diesen Mischungen ins Gleichgewicht zu setzen suchen. Die Eigenthümlichkeit der trennenden Scheidewände kann einen wesentlichen Einfluss auf die Quantität und die Qualität der durchtretenden Stoffe ausüben. Die verschiedenen Drüsen werden daher verschiedene Absonderungsproducte erzeugen. Diese müssen aber auch in einer und derselben Drüse mit der Veränderung der Molecularverhältnisse der dichten Zwischentheile oder der thätigen Flüssigkeiten wechseln. Der Seitendruck, der auf den Gefässwänden lastet (§. 489) und eine Ueberschussgrösse im Verhältniss zu den Widerständen der Ernährungsflüssigkeit und des Secretes liefert, wird nicht bloss eine reichlichere Menge, sondern auch dichtere Lösungen austreten lassen und so die Ungleichheiten der beiderseitigen Fluida verhältnissmässig erhöhen. Da aber immer neue Blutmassen vorübergeführt werden, so muss hierdurch die Dauer der möglichen Hydrodiffusion verlängert und die Zeit der Absonderung vergrössert werden.

Alle diese zum Theil sehr unbestimmten Annahmen erklären es nicht, weshalb eine unbegrenzte Fortdauer der Absonderung möglich ist. Sie können nur durch Nebenhypothesen, welche die Erfahrung zum Theil widerlegt, von der periodischen Anschwellung des Absonderungsprocesses Rechenschaft geben. Sie vernachlässigen die eigenthümlichen Einflüsse, welche die Drüsenzellen in vielen Fällen ausüben (§. 831), oder erläutern wenigstens nicht mechanisch, ohne neue Nebenhypothesen, wie der Inhalt jener Absonderungszellen austritt und in das Secret gelangt. Sie führen endlich zu Voraussetzungen von Kreislaufsverhältnissen und Verkürzungserscheinungen der Drüsengänge, die sich in der Wirklichkeit nicht bestätigen.

Nerveneinfluss.

§. 835. Ist Alles im Ruhezustande, so tritt keine merkliche Flüssigkeitsmenge zu den Ausführungsgängen der Mundspeicheldrüsen hervor. Lässt man dagegen die Schläge des Magnetelektromotors auf die Nerven einer Ohrspeichel- oder einer Unterkieferdrüse wirken, so quillt schon nach wenigen Secunden Speichel heraus. Die Absonderung dauert so lange, als die Empfänglichkeit der Nerven und der anderen Gewebtheile anhält. Ludwig und Rahn konnten sogar den Ausfluss in frisch getödteten Kaninchen, deren Herzschlag aufhörte, auf dem erwähnten Wege anregen.

Secretionsdruck und Seitendruck des Blutes.

§. 836. Ludwig [19]) verband eine Röhre, die in dem Anfangstheile des Ausführungsganges der Unterkieferdrüse eines Hundes endständig (§. 497) befestigt war, mit dem Cylinder des Kymographion (§. 500) und prüfte zugleich den Seitendruck der Halsschlagader bei freigegebenem

Kreislaufe (§. 498), während der Magnetelektromotor die Speichelabsonderung einleitete. Die Speichelflüssigkeit lieferte die Druckcurve *abcd*, Fig. 189, die sich von der Abscisse *ef* um 190,3 Mm. im Maximum entfernte, in 52,3 Zeitsecunden. Die Carotis gab einen Seitendruck *gh*, dessen Mittelwerth (§. 507) *ei* 112,3 Mm. betrug. Dieser konnte also die statische Druckkraft, welche die Absonderungsflüssigkeit anzeigte und die eher zu klein als zu gross erhalten wurde, nicht decken. Er konnte daher nicht ausschliesslich die Druckkraft der letzteren erzeugen. Die Schwankungen des Blutdruckes kehrten auch nicht in der Absonderungscurve wieder. Die Unterbindung der Venen, welche den Druck in den zuführenden Gefässen erhöhte, rief keinen Ausfluss von Speichel hervor, wenn nicht der Magnetelektromotor die Nerven gleichzeitig anregte. Wurde ein Manometer in die Vene der Speicheldrüse und ein zweites in den Ausführungsgang derselben eingefügt, so gab der erstere beständig 12,2 Mm. und der letztere 85 bis 125,7, je nach der Verschiedenheit der Erregungsintensitäten, an. Es konnten daher auch keine durch die Muskelfasern der Schlagadern erzeugten accessorischen Drucke, die sich nach den Venen fortgepflanzt haben würden, begünstigend eingreifen. Der Seitendruck des Blutes wird daher nur als Nebenmoment bei dem Secretionsprocesse mittelbar wirken. Der Druck, unter welchem die Absonderungsflüssigkeit selbst austritt, kann nicht von ihm allein herrühren.

Fig. 189.



Drüsenanziehung.

§. 837. Die Ursache der Füllung der Drüsengänge mit Absonderungsflüssigkeit liegt wahrscheinlich in der Drüsenmasse selbst. Die bis jetzt bekannten Gesetze der Hydrodiffusion reichen nicht hin, den Eintritt der Absonderungsflüssigkeit in den Drüsengang zu erklären. Man weiss daher noch weniger, in welcher Art die Erregung der Nerven die Beschaffenheit der Wände derselben ändert, damit Absonderungen, die sonst stocken, zum Vorschein kommen. Wie aber die Endosmosebedingungen, wenn sie ein Mal gegeben sind, entgegenstehende Drucke von mehreren Atmosphären überwinden (§. 342), so scheint auch die noch unbekannte Anziehung, welche das Secret nach den Drüsengängen führt, grössere Drucke besiegen zu können, als das Maximum des Seitendruckes in den stärkeren Blutgefässstämmen des Menschen und der Säugethiere beträgt.

Wechsel der Absonderungen.

§. 838. Die Blutmischung, aus welcher die Ernährungsflüssigkeit ihre Bestandtheile schöpft, die Porosität der Gefässwände und der auf ihnen lastende Seitendruck, welche die Ausschwitzung näher bestimmen helfen,

können mittelbar auf die Absonderungen wirken. Die kräftigeren Anziehungserscheinungen der Drüsengänge verdecken aber häufig die Einflüsse jener Bedingungsglieder. Die gleichzeitige Thätigkeit aller dieser Momente bestimmt es, welche Arten und welche Mengen von Stoffen, ob nur fettige oder wässerige oder beide, ob dichtere oder verdünntere Lösungen, in die Absonderungsmasse übertreten.

Verwässerung der Secrete.

§. 839. Der Speichel, der Schleim, die Milch und wahrscheinlich auch andere Absonderungen, wie die Thränen, die Galle, werden wässeriger, wenn sie mit grösserer Geschwindigkeit oder während einer längeren Zeitdauer austreten. Diese Differenz reflectirt sich in der Blutmasse gar nicht oder in sehr geringem Maasse (§. 828). Sie rührt von den Einflüssen der Drüsensubstanz selbst her. Becher und Ludwig [20]) sahen in der That den Speichel, den die Unterkieferdrüse des Hundes nach anhaltender elektrischer Erregung ihrer Nerven lieferte, in gleicher Art allmälig wässeriger werden, man mochte indessen die Blutbeschaffenheit durch Einspritzungen von Wasser oder von Kochsalzlösung verändert haben oder nicht.

Aussonderung.

§. 840. Die Fortdauer der Absonderung dehnt zwar die Drüsengänge nach Maassgabe der Elasticitätsgrösse derselben und der dem Abflusse entgegentretenden Widerstände aus. Da aber die offenen Mündungen der Hauptgänge die relativ geringsten Hindernisse bereiten, so liefert die Fortsetzung des Secretionsprocesses eine Rückenkraft, welche die Aussonderung oder die Excretion möglich macht. Die lebhaften Wurmbewegungen der grösseren Drüsengänge können die Geschwindigkeit des Austrittes erhöhen, das Nachrücken der in den feineren Röhren enthaltenen Massen unterstützen und vielleicht auch die Absonderung selbst mittelbar beschleunigen. Die Zusammenziehung benachbarter Organe unterstützt nicht selten die Entleerung durch ihre seitlichen Druckwirkungen (§. 563).

Absonderungsbehälter.

§. 841. Manche Drüsen führen ihre Secrete unmittelbar nach aussen oder in benachbarte Hohlräume, die noch andere Stoffe aufnehmen. Andere dagegen leiten sie in besondere Ansammlungsbehälter, in denen sich grössere Mengen der Absonderung vor deren Entfernung anhäufen. Die Galle kann z. B. in die Gallenblase, der Harn muss in die Harnblase übertreten, ehe sie ihrer Endbestimmung entgegengehen. Der Thränensack gehört in gewisser Hinsicht ebenfalls zu dieser Art von Gebilden. Die Samenblasen dagegen nehmen nur bisweilen Samen auf. Ihre Hauptbestimmung liegt in der Bereitung eines eigenthümlichen Absonderungsproductes.

Rückkehr der Secrete in das Blut.

§. 842. Der Schweiss und der Harn verlassen den Körper als unbrauchbare Mischungen. Der Samen findet seinen späteren Wirkungskreis in dem weiblichen Organismus. Viele Secrete dagegen, wie die verschiedenen Speichelarten, die Galle, die Absonderungen der in der Schleimhaut des Nahrungscanales eingebetteten Drüsen, werden nach ihrer Ausscheidung von Neuem zu einem grossen Theile aufgesogen. Sie kehren daher, nachdem sie gewisse Nebeneinflüsse ausgeübt haben, zum Blute zurück. Die Drüsen, aus denen sie stammen, gewinnen hierdurch eine höhere Bedeutung für den Stoffumlauf, der in dem lebenden Körper unausgesetzt fortdauert. Sie entziehen eigenthümliche Mischungen dem Blute und der Ernährungsflüssigkeit, verarbeiten sie in besonderer Weise und führen sie





nach fernen Orten, an denen sie weiteren Veränderungen unterworfen werden. Eine bedeutende Menge des flüssigen Restes kehrt durch die Einsaugung zum Blute zurück, um neuen Bestimmungen entgegenzugehen.

§. 843. Hautabsonderungen. — Die Oberflächengrösse der äusseren Haut wechselt absolut und relativ mit dem Lebensalter. Ich berechnete z. B.:

Hautoberfläche.

Individuum.	Körpergewicht in Kilogr.	Eigenschwere.	Grösse der Hautoberfläche in Quadratmetern		
			absolute.	für 1 Kilogr. Körpergewicht.	für 1 Cubikdecimeter Körpervolumen.
Erwachsener Mann	54 bis 75	1,06	1,5 bis 1,65	0,028 bis 0,022	0,030 bis 0,023
Neugeborenes Mädchen.	1,77	1,02	0,12	0,068	0,069

Der höhere Verhältnisswerth, den die absolut kleinere Hautfläche des Neugeborenen besitzt, erklärt sich schon aus der Thatsache, dass ein Körper von geringerem Volumen eine relativ grössere Summe von Begrenzungsflächen, als ein ähnlicher Körper grösseren Umfanges hat. Man sieht zugleich, dass die einfach ausgebreitete äussere Haut ein kleineres Areal, als die Absonderungsfläche einer grösseren Drüse (§. 826) darbietet. Die Schweiss- und die Fettdrüsen, welche in und unter der Haut liegen, vergrössern auch hier die thätigen Flächen auf das Nachdrücklichste.

§. 844. Wird mehr Wasser, als gleichzeitig verdunsten kann, an unserer äusseren Körperfläche abgeschieden, so bleibt der tropfbar flüssige Rest als Schweiss zurück. Viele Forscher leiteten die Schweissbildung von den gewundenen Schlauchdrüsen (Taf. V. Fig. LXII, *k m n o p*), die man deshalb auch die Schweissdrüsen nennt, ausschliesslich her. Man kann zugeben, dass sie häufig wässerige Flüssigkeiten abscheiden und unter geringerem Widerstande, als durch die Masse der äusseren Haut an ihren freien Mündungen (*i*, Fig. LXII) hervortreten lassen. Anatomische und physiologische Gründe sprechen aber dafür, dass die sogenannten Schweissdrüsen nicht allen Schweiss liefern und noch andere Absonderungsproducte erzeugen können. Ein grosser Theil des Schweisses tritt durch die Haut selbst heraus. Die Haarbälge (Taf. IV. Fig. LIII. *e f*) fügen noch eine gewisse Menge hinzu.

Schweissbildung.

Wir schwitzen an der Hohlfläche der Ohrmuschel, die keine Spiraldrüsen führt. Die mikroskopische Untersuchung lehrt, dass viele Schweissdrüsen geringe Mengen fettiger Massen in den Hohlräumen ihrer Schläuche enthalten. Die Spiraldrüsen der Achselhöhle zeigen, nach Kölliker [21]), dichtere Inhaltsmassen mit Auflösungsproducten von Drüsenzellen, wie sie der einfachen Schweissbildung nicht entsprechen. Die Schwierigkeit, die Merkmale einer solchen Drüse mit Sicherheit festzustellen, hat überhaupt

die unangenehme Folge gehabt, dass der eine Forscher für Schweissdrüsen erklärte, was ein zweiter anderen Drüsenbildungen zurechnete.

Die blossen Formverhältnisse können hier, wie überall, über die Function nicht entscheiden. Die Ohrenschmalzdrüsen des äusseren Gehörganges, deren Thätigkeit in der Schweissbereitung sicher nicht besteht, gehören eben so gut zu den Spiraldrüsen, als die der Haut. Manche der letzteren nähern sich wahrscheinlich auch physiologisch den Ohrenschmalzdrüsen durch ihre Absonderungsproducte. Dieses schliesst nicht aus, dass sie Wasser bei vorkommenden Gelegenheiten abscheiden und die Schweissmenge vergrössern helfen.

Bestandtheile des Schweisses.

§. 845. Der ursprünglich saure und nur in seltenen Ausnahmsfällen neutrale Schweiss kann die Abschuppungsproducte der Oberhaut, die Secrete der Talgdrüsen und zufällige an oder in der Haut befindliche Stoffe entfernen. Er bildet daher eine im hohen Grade wechselnde Mischung, deren quantitative Analyse keine sichere Deutung gestattet.

Hat man einen schwitzenden Arm in einen Glascylinder hermetisch eingeschlossen, so rührt die Flüssigkeit, die sich in dem Gefässe sammelt von abgelaufenem Schweisse und verdichteten Wasserdämpfen (§. 789) her. Sie ist daher im Allgemeinen wässeriger, als der reine Schweiss. Der Unterschied nimmt aber im Durchschnitt mit der Vergrösserung der Schweissmenge ab. Anselmino erhielt auf diese Weise 99,6 bis 98,5 % für den Wassergehalt des Schweisses. Schottin hüllte den Arm in einen Guttaperchaschlauch, an dessen unterem Ende ein zum Auffangen bestimmtes Fläschchen angebunden war. Die Flüssigkeit, welche durch Epithelien stark getrübt war, lieferte 97,74 % Wasser, 0,42 % Epithelien, 1,13 % organische und 0,70 % unorganische Stoffe. Die Asche enthielt grössere Mengen von Chlornatrium, schwefel- und phosphorsaurem Kali und Natronverbindungen und kleinere von Talk und Eisen. Margarin [$2(C_{34} H_{33} O_3) . C_6 H_4 O_2$], Stearin [$2(C_{36} H_{35} O_3) . C_6 H_4 O_2$] und Cholesterin ($C_{28} H_{24} O + HO$) bildeten die neutralen Fette. Der Rückstand des Schweisses schien bei dem Destilliren Buttersäure ($C_8 H_7 O_3 . HO$), Essigsäure ($C_4 H_3 O_3 . HO$), Ameisensäure ($C_2 H O_3 . HO$) und vielleicht auch Metacetonsäure ($C_6 H_5 O_3 . HO$) (§. 107) zu liefern. Milchsäure ($C_6 H_5 O_5 . HO$), die frühere Forscher angegeben hatten, liess sich in Schottin's Versuchen nicht nachweisen. Favre dagegen fand sie in grösseren Schweissmengen neben einer eigenthümlichen Säure, die er Schweisssäure ($C_{10} H_8 N O_{13}$) nennt. Eine geringe Menge von Harnstoff ($C_2 H_4 N_2 O_2$) schien ebenfalls vorhanden zu sein. Es liess sich dagegen keine Spur von Harnsäure ($C_{10} H_2 N_4 O_4 . 2HO$) nachweisen. Regelwidrige Färbungen des Schweisses rühren von dem Blute und der Ernährungsflüssigkeit, z. B. in Gelbsüchtigen, oder von anderen ausnahmsweisen Beimischungen her.

Uebergang von Stoffen in den Schweiss.

§. 846. Manche innerlich gebrauchte Verbindungen kehren in geringen Mengen in dem Schweisse wieder, während andere ausgeschlossen bleiben. Schottin erkannte im Schweisse Jod, Weinsäure ($C_8 H_4 O_{10} . 2HO$) und Bernsteinsäure ($C_8 H_4 O_6 . 2HO$), nachdem er diese Verbindungen eingenommen hatte. Milchsäure oder Zucker fehlte aber nach dem Genusse von Milchzucker ($C_{12} H_{12} O_{12}$), Salicin ($C_{26} H_{18} O_{14}$) oder salicylige

Säure ($C_{14} H_5 O_3 . HO$) nach dem von Salicin und Chinin ($C_{20} H_{12} N O_2$) nach dem Gebrauche dieses Alkaloides.

Niederschlag des Schweisses.

§. 847. Hört die Schweisserzeugung auf, so verdampfen nach und nach die auf der Haut befindlichen Wassermassen. Ihre festen Bestandtheile schlagen sich nieder. Der verhältnissmässig reichliche Kochsalzgehalt (§. 845) bedingt es, dass sich bisweilen Chlornatriumkrystalle an und zwischen den Oberhautblättchen unter dem Mikroskope nachweisen lassen.

Schweissmenge.

§. 848. Man kann die wechselnden Mengen des ausgetretenen Schweisses nicht unmittelbar messen. Die Statik der Ernährungsverhältnisse macht es aber möglich, die in einer gegebenen Zeit ausgetretene Quantität annäherungsweise zu schätzen. Die reichliche, jedoch keineswegs übermässige Schweissbildung entzog hiernach meinem Körper 1,9 Grm. für die Einheiten des Kilogrammes und der Zeitstunde. Jeder Quadratcentimeter Hautfläche lieferte 0,007 Grm. als mittleren Stundenwerth. Die örtliche durchschnittliche Thätigkeit der Haut kann daher scheinbar unbedeutende Mengen ausscheiden, wenn auch grosse Quantitäten im Ganzen herauskommen. Man sieht hieraus, welche beträchtliche Massen verloren gehen müssen, wenn eine weit kräftigere Schweissbildung in einzelnen Krankheiten oder in Schwitz- und Wassercuren während längerer Zeiträume durchgreift.

Einfluss des Nervensystems.

§. 849. Die Einflüsse des Nervensystemes bestimmen häufig die Schweisserzeugung. Die Wirkungen der Angst, die mannigfachen Wechselverhältnisse der Schweissbildung hysterischer Personen und die reichlichen Schweisse, welche die Fieberanfälle zu beschliessen pflegen, können die Abhängigkeit der Absonderung von den centralen Nervengebilden am deutlichsten beweisen. Der wechselnde Zustand der Nervenmassen ändert wahrscheinlich die Beschaffenheit der Hautgewebe. Es hängt auch von ihm ab, dass oft ein Mensch, der an Hautwassersucht leidet, die energischsten Schwitzmittel vergeblich braucht, obgleich grosse Flüssigkeitsmengen in seinen Unterhautgeweben bereit liegen.

Fettige Absonderungen.

§. 850. Man bezeichnet die einzelnen fettigen Absonderungen der äusseren Haut mit verschiedenen Namen. Die Hautsalbe, die Hautschmiere oder das Hauttalg (*Sebum cutaneum*) umfasst die Secretionserzeugnisse der selbständigen und der die Haare begleitenden Fettdrüsen (Taf. IV. Fig. LXIII. *hik*). Die Augenbutter (*Lema palpebrale*) entsteht in den Meibom'schen Drüsen der Augenlider (Taf. IV. Fig. LII) und der Thränencarunkel (*g*, Fig. 192 S. 273), das Ohrenschmalz (*Cerumen auris*) in den Talg- und Ohrenschmalzdrüsen des äusseren Gehörganges, die Vorhautschmiere (*Smegma praeputii*) in den Drüsen, die in grösserer oder geringerer Menge am Ende des männlichen Gliedes vorhanden sind. Der reichliche fettige Ueberzug, der die Haut des Fötus bekleidet und sie vor den durchweichenden Wirkungen des Schafwassers schützt, heisst die Käseschmiere (*Vernix caseosa*). Wechselnde Quantitäten der losgestossenen Epithelien und andere nicht fettige Verbindungen sind allen diesen Absonderungen beigemengt. Sie führen oft Zellen, die Fett einschliessen, und noch andere körnige Gemengtheile.

§. 851. Die Mischung mit fremdartigen Massen setzt hier die Bedeutung der chemischen Analysenresultate wesentlich herab. Die Bestimmung des Wassergehaltes fällt fehlerhaft aus, weil die fettigen Abson-

derungen der Haut des Erwachsenen vor der Untersuchung an der Luft gelegen und daher durch Verdunstung verloren haben. Die Käseschmiere bietet das Umgekehrte dar. Die mechanische Beimischung von Schafwasser lässt sie wasserreicher erscheinen.

Die gewöhnliche Hautschmiere verliert bei 100° C. $^1/_5$ bis $^3/_{10}$ ihres Gewichtes. Die Käseschmiere giebt dann $^2/_3$ bis $^4/_5$ für die entfernten Mengen von Wasser und flüchtigen organischen Verbindungen. Eiweisskörper, Elain, Margarin (§. 104), Cholesterin (§. 106), phosphorsaurer Kalk und bisweilen Ammoniak bilden die bis jetzt bekannten Hauptbestandtheile dieser Absonderungen. Die Fette herrschen in der Regel quantitativ vor. Lehmann fand 52,8 % in der Vorhautschmiere. Die Drüsenzellen (§. 830) der Talgdrüsen enthalten Fetttröpfchen, deren Menge im Laufe der Zeit zunimmt. Solche fetthaltige Zellen werden auch mit dem Absonderungsproducte häufig ausgeführt. Freie Fetttröpfchen finden sich schon in den Hohlräumen der Drüsenschläuche.

Haardrüsen. §. 852. Die Talgdrüsen, welche die Haare umgeben und deren Ausführungsgänge in den Haarsack münden (Taf. IV. Fig. LIII. *ef*), liefern ein Absonderungsproduct, das die Haare einölen hilft und einzelne Hautstellen mit einem fettigen Ueberzuge bekleidet. Sie bilden auf diese Weise Ersatzstücke für die selbständigeren Fettdrüsen, die an vielen nicht behaarten Stellen vorkommen. Häuft sich das Fett so sehr an, dass die Fettmasse den Haarbalg ausfüllt, so hat man einen Mitesser (*Comedo*). Diese regelwidrige Bildung kommt an der Haut des Gesichtes, vorzugsweise der Stirn und neben der Nase am häufigsten vor. Der der Atmosphäre ausgesetzte Theil des Fettes schwärzt sich und verräth hierdurch die Existenz des Mitessers. Eine Milbe (*Acarus folliculorum*) nistet häufig in ihm und in den Ohrenschmalzdrüsen.

Bedeutung der Fettabsonderung. §. 853. Der fettige Ueberzug macht die Haut für wässerige Flüssigkeiten undurchdringlicher (§. 354). Er kann wahrscheinlich die Verdunstung und die Schweissbildung beschränken und setzt einen gewissen Widerstand der Wasserdurchtränkung bei dem Baden entgegen. Sein Einfluss als Schmiermittel, das die Reibung vermindert, nützt vor Allem in den Falten und den Furchen unserer Körperoberfläche. Die Hauptthätigkeit der Talgdrüsen liegt wahrscheinlich in der Hülfe, die sie den örtlichen Ernährungsverhältnissen leisten. Sie nehmen vermuthlich die Fette auf, die sich neben den Pigmenten bei der Verhornung der benachbarten Gewebtheile abscheiden oder zuerst entfernt sein müssen, ehe die zur Erhaltung der anderen Gewebe tauglichen Verbindungen hergestellt werden.

Wässerige und schleimigte Absonderungen. §. 854. Seröse und schleimigte Absonderungen. — Die in den serösen Säcken abgesetzten Flüssigkeiten bilden die serösen Absonderungen im engeren Sinne des Wortes. Dehnt man den Begriff weiter aus, so rechnet man noch den Inhalt der Gelenkkapseln, der Sehnenscheiden und der Schleimbeutel hinzu. Die schleimigte Beschaffenheit lässt die Secrete dieser Theile als Zwischenstufen der serösen Absonderungen und der reineren Schleimmassen der Schleimhäute erscheinen. Da die Chemie keine genügende Charakteristik des Schleimstoffes geben kann, so ist auch jede schärfere Sonderung unmöglich gemacht.

Seröse Flüssigkeiten.

§. 855. Die serösen Säcke des Herzbeutels, des Lungenfells, des Bauchfells, der Scheidenhaut des Hodens und die Höhlen an der Spinnwebehaut der Hüllen des centralen Nervensystemes enthalten im Normalzustande sparsame Flüssigkeitsmengen. Sie füllen die vorhandenen Zwischenräume aus und folgen allen Form- und Lagenveränderungen, die den Ortswechsel der Nachbartheile begleiten.

Transsudate.

§. 856. Die Menge einer jeden serösen Flüssigkeit kann unter krankhaften Bedingungen beträchtlich steigen. Die regelwidrige Vermehrung der Cerebrospinalflüssigkeit liefert die Wassersucht der Höhlen und der Hüllen des Gehirns und des Rückenmarkes. Die des Herzbeutels, des Lungenfellsackes oder die Brustwassersucht, die des Bauchfelles oder die Bauchwassersucht und die der Scheidenhaut des Hodens oder der Wasserbruch (*Hydrocele*) rühren ebenfalls von einer übermässigen Abscheidung der entsprechenden serösen Flüssigkeiten her. Die Hautwassersucht (*Anasarca*) beruht auf der Herstellung einer grösseren Menge wasserreicher Durchtränkungsflüssigkeit des unter der Haut befindlichen Bindegewebes.

§. 857. Man hat diese Flüssigkeiten mit dem Namen der Durchschwitzungen oder der Transsudate belegt, weil man sie für einfache Austrittsproducte der Blutflüssigkeit ansah. Die Annahme, dass jeder Einzelbezirk von Haargefässen ein ihm eigenthümliches, charakterisirbares Transsudat unter krankhaften Verhältnissen erzeugt, lässt sich weder theoretisch noch erfahrungsgemäss vertheidigen. Da die Beschaffenheit der Gewebe, die Porosität der Gefässwände, die Zusammensetzung, die Geschwindigkeit und der Seitendruck des Blutes neben der Form und der Grösse der Capillaren bedingend eingreifen, so folgt, dass eine Beständigkeit der Durchschwitzung bei jenen so zahlreichen variabeln Factoren nicht zu erwarten ist. Schon die regelrechten Verhältnisse werden untergeordnete Schwankungen in den Producten eines und desselben Bezirkes von Zeit zu Zeit herbeiführen.

Bestandtheile der serösen Flüssigkeiten.

§. 858. Die Zusammensetzung der serösen Flüssigkeiten wechselt in ziemlich weiten Grenzen. Stellen wir z. B. die neueren Untersuchungen der möglichst normalen Cerebrospinal- und der Herzbeutelflüssigkeit übersichtlich zusammen, so haben wir:

Bestandtheile.	Cerebrospinalflüssigkeit einer alten Frau, nach Lassaigne.		Herzbeutelwasser: eines Hingerichteten, nach Lehmann.		zweier Hingerichteten, nach Gorup-Besarez. I.		II.	
Wasser	98,56		98,94		96,29		95,51	
Faserstoff	—		—		—		0,08	3,82
Eiweiss	0,09	=0,56	0,88	= 0,97	2,16	= 2,98	2,47	
Andere organ. Stoffe	0,47		0,09		0,82		1,27	
Asche	0,86		0,09		0,73		0,67	
	99,98		100,00		100,00		100,00	

Diese Mischungen gerinnen nicht von selbst. Sie führen aber immer so viel Eiweiss, dass sich der grösste Theil desselben bei dem Kochen oder

nach einem Zusatze von Salpetersäure niederschlägt. Die Epithelialzellen, die das Mikroskop als mechanische Gemengtheile nachweist, sind wahrscheinlich erst nach dem Tode hinzugetreten.

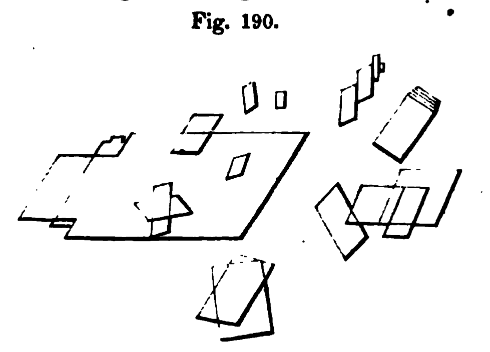
Mischung der Durchschwitzungen.

§. 859. Wie die Menge, so wechselt auch die Beschaffenheit der krankhaften Transsudate in hohem Grade. Sie führen bisweilen eben so viel, nicht selten aber auch weniger Wasser, als die gesunden serösen Absonderungen. Ihre Dichtigkeit wächst im Allgemeinen, wenn Geschwülste oder andere Ursachen beträchtliche Hindernisse der Blutbewegung entgegenstellen, mithin der auf den Gefässen lastende Seitendruck erhöht wird. Ein längerer Aufenthalt in einem geschlossenen Raume führt ebenfalls zu einer stärkeren Concentration, weil relativ mehr Wasser und Salze allmälig aufgesogen werden.

§. 860. Faserstoff kommt bisweilen, Käsestoff dagegen wahrscheinlich nicht vor. Man kann als ungefähre Regel aufstellen, dass die Transsudate des Schädels und der Wirbelsäule weniger Eiweiss, als die übrigen flüssigen Durchschwitzungen enthalten. Die meistentheils durch Einsaugung verdichtete Hydroceleflüssigkeit scheint das entgegengesetzte Extrem darzubieten. Die übrigen Transsudate lassen keine weiteren Normen in dieser Beziehung aufstellen. Der Eiweissgehalt der Ausschwitzungen der Schädelhöhle und der Wirbelsäule lieferte 0,06 % bis 0,56 %, der des pleuritischen flüssigen Exsudates 2,5 % bis 2,9 % und der des Bauchfelles 0,24 bis 4,35 %. Die Hydrocele-Flüssigkeit ergab 3,41 bis 6,28 %. Kachektische Kranke, in denen der Eiweissgehalt des Blutes gesunken ist, pflegen auch albuminarme Transsudate zu besitzen. Schleimigte Massen finden sich häufig in solchen Ausschwitzungen, wenn sie längere Zeit eingeschlossen geblieben.

§. 861. Die Transsudate führen in der Regel Fette und zwar vorzüglich Serolin und Cholesterin ($C_{28} H_{24} O + H O$), das bis 3 % in der Hydrocele-Flüssigkeit betragen und sich in rhombischen glänzenden Blättchen, wie es Fig. 190 vergrössert darstellt, abscheiden kann. Gallenpigment färbt sie häufig gelb. Milchsäure ($C_6 H_5 O_5 . H O$), Zucker ($C_{12} H_{12} O_{12}$), Harnstoff ($C_2 H_4 N_2 O_2$) und Gallensäure ($C_{52} H_{42} N O_{11} . H O$ und $C_{52} H_{45} N O_{14} S_2$) gehören zu den unbeständig vorkommenden Verbindungen. Der Salzgehalt pflegt etwas geringer, als der der Blutflüssigkeit auszufallen. Das in den Hirnhöhlen vorkommende Transsudat führt, nach Schmidt, verhältnissmässig mehr Kali als Natron, während das Umgekehrte in den äusseren Ausschwitzungen der Höhlungen des Schädels und der Wirbelsäule und in der Blutflüssigkeit vorkommt. Kohlensäure, Sauerstoff und Stickstoff lassen sich auch aus den uns hier beschäftigenden Flüssigkeiten unter der Luftpumpe austreiben (§. 64).

Fig. 190.



§. 862. Die wässerige Flüssigkeit (*Humor aqueus*) des Auges schliesst sich den serösen Flüssigkeiten innig an. Sie enthält ebenfalls weniger als 2 % fester Stoffe, von denen das Kochsalz einen grossen Theil in Anspruch nimmt. Der Glaskörper (*Corpus vitreum*) dagegen führt, nach Virchow, Schleimstoff als wesentlichen Bestandtheil. Beide enthalten geringe Mengen von Harnstoff.

Wässerige Feuchtigkeit und Glaskörper.

§. 863. Die zähe, in Wasser unlösliche, mit ihr aber mischbare Masse, die man mit dem Namen des Schleimstoffes oder des Mucins bezeichnet, lässt sich chemisch nicht genau verfolgen, weil sie in der Regel fremdartige Gemengtheile, vorzüglich unversehrte oder theilweise zerstörte Epithelien enthält, nicht selten mit heterogenen Flüssigkeiten innig gemischt ist und selbst wahrscheinlich mit ihrer Entwickelungsstufe wechselt. Die blosse Zähigkeit kommt auch vielen eiweisshaltigen oder gallertigen Flüssigkeiten zu. Die Gerinnung bei dem Kochen, die das Eiweiss von dem Schleime unterscheiden soll, kann bei Albuminlösungen, z. B. in beträchtlichen Verdünnungen, bei der Anwesenheit freier Säuren ausbleiben. Diese Uebelstände bedingen es, dass alle die Schleimbildung betreffenden Angaben keine genügende Schärfe gestatten.

Schleim.

§. 864. Die Lösungen des Kali oder des Natron gewinnen eine schleimigte Beschaffenheit, wenn sie die Horngewebe angreifen. Da der Schleim, wie er an den Oberflächen der Schleimhäute auftritt oder in den Schleimdrüsen derselben gefunden wird, zahlreiche mikroskopische Reste zerstörter Epithelialzellen enthält, so liegt die Vermuthung nahe, dass sich eine ursprünglich seröse alkalische Absonderung nach und nach in Schleim verwandelt, weil sie die schon fertigen Epithelien angreift oder sich der nöthigen nebenbei erzeugten Verbindungen bemächtigt. Das Letztere lässt die Möglichkeit offen, dass auch Schleim ohne die sichtliche Zerstörung von Horngeweben entsteht. Eiweisshaltige oder gallertige Massen können die Charaktere des Schleimes nach und nach annehmen.

Schleimbildung.

§. 865. Der Schleim der Nasenhöhle führt 88 bis 95,6 % und der der Lungen ungefähr 95 % Wasser. Der Magensaft (§. 269) giebt 98 bis 99,2 % zur Verdauungszeit. Der Schleim der dünnen Gedärme hat 96,5 bis 97 % Wasser. Eiweiss kommt neben dem Schleimstoffe häufig vor. Die Asche enthält verhältnissmässig viel Natron und nicht unbedeutende Mengen von Chloralkalien (0,6 %). Die wechselnde Beschaffenheit jener Schleimmischungen und der unvollkommene Zustand der organischen Chemie hindern aber jede genauere und fruchtbare Verfolgung der hier in Betracht kommenden Verhältnisse.

Verschiedene Schleimarten.

§. 866. Die starke Adhäsion und die Schlüpferigkeit verleihen dem Schleime die Eigenschaft, als Schmiermittel zu dienen und die Reibungshindernisse herabzusetzen. Der mit schleimigten Mischungen umgebene Bissen gleitet daher leichter herunter (§. 159). Der Schleim kann seiner Zähigkeit wegen Luftblasen mechanisch binden und sie z. B. in den Magen bei dem Niederschlucken hinabführen (§. 231). Er enthält aus demselben Grunde die emulsionsartige Vertheilung der Fette und leistet daher wesentliche Dienste im Darmcanale (§. 300). Seine Unlöslichkeit in Wasser und sein verhältnissmässig grosser Widerstand gegen das Eindringen wässeriger Lösungen machen ihn zum Schutzmittel angreifbarer Oberflächen. Der

Wirkungen des Schleimes.

Schleim des Nahrungscanales, der Gallenblase, der Harnblase, der verschiedenen Hohlräume der Geschlechtswerkzeuge und selbst der der Nasenhöhle bewahrt auf diese Weise vor den Schädlichkeiten benachbarter Flüssigkeiten. Er wird endlich schwerer, als rein wässerige Verbindungen aufgesogen.

Gelenkschmiere.

§. 867. Die Gelenkschmiere oder die Synovia, welche die Hohlräume der Gelenkkapseln ausfüllt, steht gewissermaassen in der Mitte zwischen den serösen und den schleimigten Absonderungen. Sie bildet eine alkalische, farblose oder gelbliche Mischung, deren Zähigkeit und Schlüpfe- rigkeit man früher von ihrem Eiweissgehalte herzuleiten pflegte. Frerichs dagegen schreibt sie dem Schleimstoffe zu, der sich durch die Auflösung von Epithelien erzeugt und bei Bewegungen des Gliedes vermehrt. Die Flüssigkeit des Kniegelenkes eines Ochsen, der im Stalle gemästet worden, gab ihm 97 %, ein Thier dagegen, das den ganzen Sommer auf der Weide zugebracht hatte, 95 % Wasser. Die organischen Verbindungen bestehen vorzugsweise aus Eiweiss, Schleim und Fett, die unorganischen aus Kochsalz, schwefel- und phosphorsauren Alkalien, kohlensaurem und phosphorsaurem Kalk und Talk.

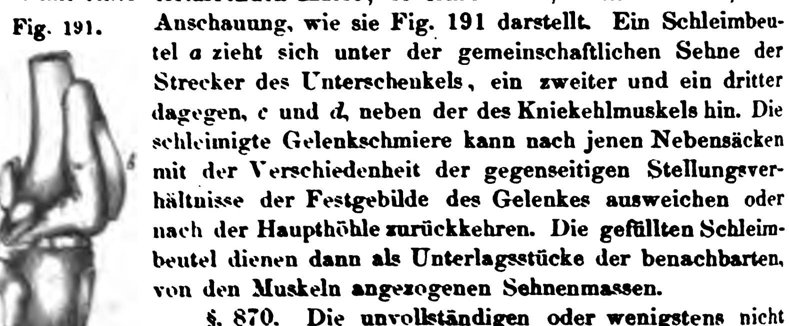
Gelenkhäute.

§. 868. Die Gelenkhäute selbst und nicht etwa besondere, in ihnen eingebettete Drüsen liefern die Gelenkschmiere. Die sogenannten Haver'schen Drüsen des Kniegelenkes sind blosse Fettanhäufungen, welche die Rolle von Polstern übernehmen. Die Synovialhäute besitzen dagegen in der Regel grössere oder kleinere Fortsätze oder Falten, welche Blutgefässnetze einschliessen und wahrscheinlich den Hauptheerd der Absonderung bilden.

Schleimbeutel.

§. 869. Manche Gelenkhäute, wie die des Schulter-, des Knie- und ausnahmsweise auch des Hüftgelenkes, verlängern sich nach aussen hin in Nebensäcke oder in sogenannte Schleimbeutel. Füllt man z. B. das Kniegelenk mit einer erstarrenden Masse, so erhält man, nach Weber, eine Anschauung, wie sie Fig. 191 darstellt. Ein Schleimbeutel *a* zieht sich unter der gemeinschaftlichen Sehne der Strecker des Unterschenkels, ein zweiter und ein dritter dagegen, *c* und *d*, neben der des Kniekehlmuskels hin. Die schleimigte Gelenkschmiere kann nach jenen Nebensäcken mit der Verschiedenheit der gegenseitigen Stellungsverhältnisse der Festgebilde des Gelenkes ausweichen oder nach der Haupthöhle zurückkehren. Die gefüllten Schleimbeutel dienen dann als Unterlagsstücke der benachbarten, von den Muskeln angezogenen Sehnenmassen.

Fig. 191.



Sehnenscheiden.

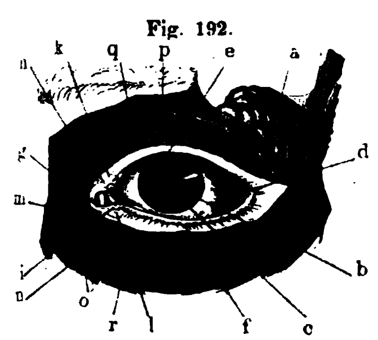
§. 870. Die unvollständigen oder wenigstens nicht überall gleichartig geschlossenen freien Schleimbeutel und Sehnenscheiden (§. 812) führen eine ziemlich zähe Masse, die eine colloidähnliche Substanz und keinen wahren Schleimstoff, nach Virchow, enthält. Die Schlüpferigkeit setzt wiederum die Reibungshindernisse herab.

Thränenwerkzeuge.

§. 871. Thränenabsonderung. — Fig. 192 kann die hier in Betracht kommenden Theile aus der linken Kopfhälfte der Erwachsenen

versinnlichen. Die aus einer oberen und einer unteren Abtheilung bestehende Thränendrüse (*Glandula lacrymalis*) *a* liegt in dem vorderen, oberen und äusseren Theile der Augenhöhle, dessen Knochenwände in unserem Präparate entfernt worden. Zarte Ausführungsgänge entleeren die Absonderung über dem äusseren Augenwinkel *d*. Sie gelangt hier in den Bindehautsack oder den schmalen Raum, der sich zwischen der Oberfläche des Augapfels *bcd* und der Innenfläche der Augenlider *e* und *f* hinzieht. Sie verbreitet sich rasch in dem engen schon mit Flüssigkeit gefüllten Spaltraume.

Fig. 192.



§. 872. Mehrere andere Gebilde fügen noch eigenthümliche Mischungen hinzu. Die Bindehaut selbst (*Conjunctiva*), welche die Aussenflächen der Hornhaut oder der Cornea (*b*) und des freien Theiles der harten Haut oder der Sclerotica (*d*), sowie die Innenfläche der Augenlider (*ef*) bekleidet, lässt eine flüssige Masse durchschwitzen. Die Absonderung der in dem inneren Augenwinkel befindlichen und mit zahlreichen Drüsen versehenen Thränencarunkel (*g*), und das Secret der in den Augenlidern eingebetteten Meibom'schen Drüsen (Taf. IV. Fig. LII.) können sich mit den früher erwähnten Flüssigkeiten mischen oder auch gesondert austreten.

Thränenabsonderung.

§. 873. Die Feuchtigkeit, welche die freie Oberfläche des Auges überzieht, verliert eine gewisse Menge durch Verdunstung. Eine eigene Vorrichtung führt den Rest nach der Nasenhöhle ab. Der innerste Randtheil des oberen und des unteren Augenlides zeigt eine kleine Oeffnung, den Thränenpunkt (*h* und *i*, Fig. 192). Er führt in einen zarten Ausführungsgang, das Thränenröhrchen (*k* und *l*). Die zwei Canäle münden in den Thränensack (*m*), der einen fortlaufenden Schlauch mit dem Thränengange (*n*) bildet. Dieser öffnet sich aber in die Nasenhöhle unter dem vorderen Theile der unteren Nasenmuschel.

Abzug der Thränen.

Die Thränen, welche in die Nasenhöhle abfliessen, dringen in die Thränenröhrchen (*kl*, Fig. 192) und gelangen von da in den Thränensack (*m*) und den Thränengang (*n*), deren Innenseite flimmert (Taf. II. Fig. XXXVI.). Wir befördern den Uebergang, indem wir die Augenlider von Zeit zu Zeit für einen Augenblick schliessen. Der Kreismuskel der Augendeckel (*pqr*) drückt dann gegen die Oberfläche des Augapfels, führt zu einer anderen Vertheilung der Flüssigkeit und treibt eine gewisse Menge derselben nach dem inneren Augenwinkel, in dessen Nähe die Thränenpunkte liegen.

§. 874. Manche Forscher hielten die Athembewegungen für ein wesentliches Unterstützungsmittel der Thränenableitung. Der negative Druck, der die Einathmung begleitet (§. 644), sollte Flüssigkeiten aus dem Thränensacke (*m*) und dem Thränengange (*n*) in die Nasenhöhle saugen. Der positive der starken Ausathmung dagegen kann Schleim oder andere Massen in entgegengesetzter Richtung nicht verdrängen, weil eine Falte, die Thränenschlauchklappe, die an dem unteren Ende (*o*) des Thränenganges

Einfluss der Athmung.

(*n*) häufig vorkommt, ventilartig schliesst. Da der Thränensack Flüssigkeiten aufnimmt, wenn sein unterer Ausgang verstopft ist, so folgt, dass die Mechanik des Uebertrittes die Athembewegungen nicht nöthig hat. Bringt man einen gefärbten Flüssigkeitstropfen in den inneren Abschnitt des Bindehautsackes, so beschleunigt die tiefe Einathmung die Entfernung desselben nicht. Diese Erfahrung streitet direct gegen jene Theorie des Einflusses der Athembewegungen.

Gewöhnliche Thränenmenge.

§. 875. Es ergiebt sich aus dem eben Dargestellten, dass ein Thränenstrom von dem äusseren Augenwinkel nach dem inneren periodisch durchgeleitet wird. Der Zufluss übersteigt gewöhnlich den Abfluss nur um so viel, als an der freien Oberfläche des Auges verdunstet. Das Auge wird daher feucht erhalten, ohne dass es in Thränen schwimmt oder ein Ueberschuss von Flüssigkeit zur Augenlidspalte ausströmt. Die fettige Absonderung der Meibom'schen Drüsen, die an den Augenlidrändern hervortritt, erschwert die Verbreitung der wässerigen Thränen jenseit der inneren Oberflächen der Augendeckel.

Weinen.

§. 876. Die verschiedensten Arten von Nervenerregung stören das Gleichgewicht der Aussonderung und der Ableitung der Thränenflüssigkeit. Jene erreicht dann eine grössere Geschwindigkeit als diese. Der Thränenfluss oder das Weinen begleitet daher die elektrische Reizung der Nerven der Thränendrüse, die mechanischen, thermischen, chemischen oder elektrischen Eingriffe in den Bindehautsack und die mannigfachsten Gemüthsbewegungen.

Thränenfistel.

§. 877. Die Thränenfistel führt zu einem unnatürlichen Ableitungswege. Ist der Thränengang (*no*, Fig. 192, S. 273) verstopft, so füllt sich der Thränensack immer stärker an. Die übermässige Ausdehnung führt zur Entzündung der vorliegenden Hautgebilde und diese erzeugt einen Bezirk geringsten Widerstandes, an dem eine Durchgangsöffnung aufbricht. Die salzigen Thränen, die keinen Abzugsweg nach unten finden, hindern die Heilung der Fistelöffnung. Hat man dagegen die Ableitung nach der Nasenhöhle von Neuem hergestellt, so schliesst sich die Nebenöffnung nach und nach vollständig.

Bestandtheile der Thränen.

§. 878. Da die gewöhnliche Thränenabsonderung die Sammlung einer zur chemischen Analyse hinreichenden Flüssigkeitsmenge nicht gestattet, so hat man die reichlichere, aber wahrscheinlich wässerigere Mischung (§. 839), die bei dem Thränenflusse oder nach anhaltenden elektrischen Erregungen des Bindehautsackes vorquillt, zur Prüfung benutzt. Frerichs erhielt dann 98,7 bis 99 % Wasser, 0,14 bis 0,32 % Epithelien, 0,08 bis 0,10 % Eiweiss und 0,72 bis 0,88 % Schleim, Fett, Chlornatrium, phosphorsaure Alkalien und Erdphosphate. Die Asche betrug 0,42 bis 0,55 %.

§. 876. Die fremden Gemengtheile können mehr als der ursprüngliche feste Rückstand unter krankhaften Verhältnissen ausmachen. Ich fand z. B., dass die trübe Flüssigkeit, die aus dem erblindeten Auge eines Menschen fortwährend abträufelte, 5,9 % festen Rückstandes hinterliess. Ein grosser Theil desselben rührte von den reichlich beigemengten Epithelialblättern her. Fetttröpfchen, sehr kleine Molecüle und erst nachträglich niedergeschlagene Krystalle liessen sich unter dem Mikroskope nachweisen.

§. 880. Die Krusten, die sich nicht selten an dem inneren Augenwinkel sammeln, enthalten ebenfalls Epithelialblättchen, Oeltropfen und Molecularkörner. Sie erinnern an die Hautschmiere (§. 850) und rühren von den Absonderungen der Meibom'schen Drüsen und der Thränencarunkel her.

Krusten der Augenlider.

§. 881. Der von den Augenlidern ausgehende Druck sucht alle in dem Bindehautsacke befindliche Körper nach dem inneren Augenwinkel überzuführen. Diese für die Ableitung der Thränen berechnete Wirkung erklärt es auch, weshalb ein in das Auge gefallenes Stäubchen durch das unwillkürliche Blinzeln allmälig nach innen getrieben und unter reichlichem Thränenflusse am inneren Augenwinkel fortgeschwemmt wird. Will man den Austritt durch Reiben unterstützen, so darf der Druck nie von innen nach aussen gerichtet sein oder nach beiden entgegengesetzten Seiten wechseln.

Bewegungsrichtung der Augenlider.

§. 882. Die Ausrottung der Thränendrüse lässt die freie Oberfläche des Auges nicht vertrocknen, weil die Bindehaut ihre Absonderung fortsetzt. Man findet aber bisweilen unter krankhaften Verhältnissen, dass die Aussenfläche des Auges trotz der Anwesenheit der Thränendrüse und der Möglichkeit des Weinens trockener wird. Die Epithelialzellen der Bindehaut trüben sich dann und verleihen dem Auge ein matteres Aussehen. Die Lebhaftigkeit desselben hängt überhaupt mit den Befeuchtungszuständen seiner freien Oberfläche innig zusammen.

Ausrottung der Thränenwerkzeuge.

§. 883. Speichelabsonderung. — Die mannigfachen Secrete, die sich zu dem sogenannten Mundspeichel vermischen (§. 225), treten an verschiedenen Stellen in die Mundhöhle. Der Stenson'sche Gang, der die Absonderung der Ohrspeicheldrüse (*Parotis*) entfernt, öffnet sich an der Innenseite der Wange, dem ersten bis zweiten oberen Backenzahne gegenüber. Der Wharton'sche Gang der Unterkieferdrüse mündet neben dem Zungenbändchen. Die Unterzungendrüse besitzt eine grössere Menge von Abzugscanälen, die Rivini'schen Gänge, die ebenfalls unter der Zunge auslaufen. Einige von ihnen verbinden sich bisweilen mit einem oder mehreren Hauptgängen der Unterkieferdrüse zu dem Bartholini'schen Gange. Die Zungenspitzendrüse und die in der Mundschleimhaut eingebetteten Drüsen (§. 225) entleeren endlich ihre Secrete in unmittelbarer Nähe ihrer Einpflanzungsstellen.

Mundflüssigkeiten.

§. 884. Wir haben §. 835 gesehen, dass die Mundspeicheldrüsen nur unter dem Einflusse der Nervenerregung lebhafter arbeiten. Ihr Secret fliesst daher bei dem Geruche oder der Erinnerung angenehmer Speisen, dem Kauen, dem Sprechen, dem Tabakrauchen und nach örtlichen Reizungen der Mundhöhlenschleimhaut durch elektrische Ströme, durck Essig, Pfeffer, Senf und dergl. reichlicher ab. Die Ohrspeicheldrüsen junger Kälber scheinen nach Bidder und Schmidt fortwährend unthätig zu bleiben. Hat man eine Röhre in ihren Stenson'schen Gang geschoben, so tritt kein Flüssigkeitstropfen selbst nach langer Beobachtungsdauer aus.

Periodicität der Absonderung.

§. 885. Ist der Ausführungsgang der Unterkieferdrüse des Hundes mit einem Manometer endständig (§. 497) verbunden worden, so muss die durch die Absonderung vergrösserte Flüssigkeitsmenge die Drüsengänge

Manometerprüfung.

stärker auszuspannen suchen. Der Druck, den die Elasticität der Wandungen nicht verzehrt (§. 475), treibt überdies die Quecksilbersäule des absteigenden Manometerschenkels herunter und die des aufsteigenden herauf (§. 493). Eine starke Spannung kann endlich noch bewirken, dass ein Theil der Flüssigkeit durch die Wände der Drüsengänge schwitzt und das zwischen ihnen befindliche Bindegewebe wassersüchtig macht (§. 856). Diese Erscheinung muss eine Abnahme des auf der Quecksilbersäule lastenden Druckes zur Folge haben. Solche Nebenverhältnisse erklären es, weshalb die von Ludwig bei ungefähr gleicher Intensität der Nervenerregung erhaltenen Druckcurven (Fig. 192 S. 273) zu einem gewissen Maximum der Ordinatenhöhen mit abnehmender Geschwindigkeit anwuchsen und sich später ungefähr eine Zeit lang auf jener Höhe zu erhalten pflegten, eine stärkere Nervenerregung dagegen sie von Neuem über jenes Maximum emporzutreiben vermochte.

Zusammensetzung des Mundspeichels.

§. 886. Eine Fistel des Stenson'schen Ganges liefert bisweilen die Gelegenheit, den Parotidenspeichel des Menschen gesondert aufzufangen. Man hat häufig Röhren in die Ausführungsgänge der Ohrspeichel- und der Unterkieferdrüse von Thieren eingebunden, um die Beschaffenheit der Absonderungen jener Drüsen kennen zu lernen. Der äussere Augenschein lehrt schon, dass das Secret der Unterkieferdrüse schleimiger und das der Parotis wässeriger ist. Stellt man die quantitativen Bestimmungen, welche Bidder und Schmidt am Hunde gewonnen haben, zusammen und fügt die Resultate, zu denen die Mundflüssigkeit im Ganzen mit und ohne Ausschluss des Parotidensecretes führte, hinzu, so hat man:

Procentige Bestandtheile:

	Absonderung			Mundflüssigkeit		
	der Ohrspeicheldrüse.	der Unterkieferdrüse.		Normal.	Mit Ausschluss	
		I.	II.		des Parotidensecretes.	des Secretes der Submaxillardrüsen.
Wasser . . .	99,53	99,60	99,14	98,96	99,05	98,81
Organische Stoffe	0,14	0,15	0,29	0,36	0,43	0,73
In Wasser lösliche Salze . . .	0,21	0,25 (zusammen)	0,45	0,66	0,40	0,42
In Wasser unlösliche Salze .	0,12		0,12	0,02	0,12	0,04
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Die organischen Stoffe der Mundflüssigkeit, die mit Ausschluss der Absonderung der Unterkieferdrüse gewonnen worden, schlossen dabei 0,22 % mechanisch beigemengter Epithelien ein. Die in Wasser löslichen Aschenbestandtheile waren Chlorkalium und Chlornatrium und die unlöslichen kohlensaure oder phosphorsaure Kalk- und Talkerde. Rhodankalium ($K . C_2 N S_2$) kam noch zu den ersteren in dem Parotidenspeichel und phosphorsaures Natron in den verschiedenen Arten von Mundflüssigkeiten hinzu. Weitere sichere Vergleichungen lassen sich nach den bis jetzt vorliegenden Thatsachen nicht anstellen.

Wechselnde Bestandtheile des Speichels.

§. 887. Der sogenannte Speichelstoff oder das Ptyalin und die Speicheldiastase (§. 262) sind chemisch nicht genügend charakterisirt worden. Sie bestehen wahrscheinlich aus einer Mengung verschiedener Verbindungen. Milchsäure, Zucker und Harnstoff kommen nur ausnahmsweise unter krankhaften Verhältnissen in den Mundflüssigkeiten vor. Jod, Brom oder Quecksilber, das innerlich genommen worden, geht in sie mit Leichtigkeit über. Jodkalium und Jodeisen kehren, nach Bernard, im Speichel der Parotis und der Unterkieferdrüse rasch wieder, während sie in dem Urine gar nicht oder erst nach längerer Zeit bemerkt werden. Blutlaugensalz ($Fe Cy + 2 K Cy + 3 H O$), milchsaures Eisenoxydul ($FeO . C_6 H_5 O_5 + 3 H O$), Rohr- und Traubenzucker bieten die entgegengesetzten Verhältnisse dar.

Speichelmenge.

§. 888. Eine so variable Thätigkeit, wie die Speichelabsonderung, gestattet keine irgend genaue Bestimmung der einem beschränkten Zeitraume entsprechenden Secretionsmengen. Man schätzte früher die tägliche Quantität der Mundflüssigkeiten auf $^2/_5$ bis $^1/_2$ Kilogrm., indem man entweder die in einer Secunde durch Ausspucken gesammelten Massen berücksichtigte oder von den aus einer Speichelfistel des Stenson'schen Ganges abgeflossenen Mengen ausging. Bidder und Schmidt dagegen, welche ihre an Hunden gewonnenen Bestimmungen zum Grunde legen, glauben 1,4 Kilogramm annehmen zu können. 1 Kilogrm. Mensch wird daher 0,2 bis 0,4 Grm. Mundflüssigkeiten ohne besondere Anstrengung stündlich liefern. Der grösste Theil dieser Flüssigkeiten wird ohne Weiteres oder als Durchtränkungsmasse der Nahrungsmittel (§. 225) niedergeschluckt. Er kehrt später auf dem Wege der Einsaugung zum Blute zurück.

Speichelfluss.

§. 889. Der Speichelfluss oder der Ptyalismus kann die Menge der in einer Zeiteinheit gelieferten Mundflüssigkeiten beträchtlich vergrössern. Mehrere Kilogramme werden nicht selten in 24 Stunden geliefert. Die Flüssigkeit ist nicht immer wasserreicher, als im Normalzustande. Sie führt häufig reichliche Schleimmassen, enthält nicht selten losgestossene Epithelien und kann, nach Wright, Harnstoff aufgenommen haben. Diese erhöhte Absonderung entsteht bisweilen ohne äussere sichtliche Veranlassung. Sie begleitet aber auch verschiedenartige Metallvergiftungen. Das ärztlich zu diesem Zwecke benutzte Quecksilber erzeugt sie am leichtesten.

Beziehung zur Verdauung.

§. 890. Wir haben schon §. 232 gesehen, dass die Mundflüssigkeiten eine nur untergeordnete Rolle für die Verdauungsthätigkeiten übernehmen. Die Kaubewegungen scheinen, nach Rahn, die Austrittsgeschwindigkeit des Speichels mechanisch zu befördern, nicht aber die Absonderungsthätigkeit selbst zu erhöhen.

Speichelsteine.

§. 891. Die Ausführungsgänge der Unterzungendrüsen enthalten am häufigsten sogenannte Speichelsteine, d. h. vorherrschend erdige Concremente, die sich aus der Absonderungsflüssigkeit allmälig niedergeschlagen haben. Sie bestehen vorzüglich aus kohlensaurer und phosphorsaurer Kalkerde, der geringe Mengen alkalischer Salze und organischer Stoffe beigemengt sind.

Bauchspeichel.

§. 892. Die Bauchspeicheldrüse (*Pancreas*) liefert den Bauchspeichel oder den Pancreassaft und entleert ihn (*p*, Fig. 25 S. 57) durch einen in dem Menschen einfachen, in vielen Säugethieren mehrfachen Ausführungsgang, den Wirsung'schen Gang, in den absteigenden Theil des Zwölffingerdarmes (§. 183). Die Thätigkeit der Drüse wechselt in hohem Grade nach Verschiedenheit der Nebenverhältnisse. Legt man sie ausserhalb der Verdauungszeit bloss, so erscheint sie blass und liefert nur geringe Flüssigkeitsmengen. Man findet sie dagegen nach dem Nahrungsgenusse röther und in lebhafterer Absonderung begriffen. Die Beschaffenheit ihres Secretes scheint sich in Folge von Misshandlungen durchgreifend zu ändern. Die gegenseitigen Abweichungen der älteren Angaben von Tiedemann und Gmelin, Leuret und Lassaigne und der neueren von Frerichs und Bernard sind zum Theil in diesem Umstande begründet. Die Absonderung, die nach der Eröffnung des Unterleibes sparsamer wird, lässt sich, nach Weinmann[22]), durch die elektrische Erregung des Sonnengeflechtes und der anderen Nervenquellen der Bauchspeicheldrüse nicht vergrössern.

Zusammensetzung des Bauchspeichels.

§. 893. Der Bauchspeichel bildet eine wasserhelle, etwas schleimige, alkalische Flüssigkeit. Frerichs fand 98,64 % Wasser in dem des Esels und 98,38 % in dem des Hundes. Bidder und Schmidt erhielten 88,84 bis 98,08 % für den Pancreassaft der Hunde. Weinmann, der die Flüssigkeit aus einer älteren Fistel des Bauchspeichelganges zweier Hunde auffing, stiess auf beträchtliche Schwankungen des Wassergehaltes (94,4 bis 97 %), so lange die Schnelligkeit der Absonderung eine gewisse Höhe nicht erreicht hatte. War dieses der Fall, so zeigten sich ziemlich annähernde, keineswegs aber gleiche Werthe der hohen Wasserprocente. Die organischen Verbindungen verhalten sich zu den unorganischen wie 1 : 2,8 in den Untersuchungen von Frerichs und wie 1 : 0,10 in denen von Bidder und Schmidt. Die vorzüglichste organische Verbindung ist ein leicht zersetzbarer Eiweisskörper, dessen durch Weingeist oder die Siedhitze erzeugtes Coagulum von Wasser aufgelöst wird. Die Asche enthält Chlornatrium, schwefel- und phosphorsaure Alkalien, Kalk- und Talkerdeverbindungen und Eisen.

[illegible]

§. 894. Die rasche Selbstzersetzung des Bauchspeichels bedingt es wahrscheinlich, dass er einen der kräftigsten Gährungserreger bildet und auf die genossenen Stärkemehlkörper mächtig einwirkt (§. 299). Die nicht unbedeutende Entwickelung der Bauchspeicheldrüse in Fleischfressern lässt mit Recht vermuthen, dass noch andere bis jetzt unbekannte Kräfte dem Pancreassaft zukommen.

§. 895. Die Schwierigkeiten, die absoluten Absonderungsmengen zu bestimmen, häufen sich hier in noch höherem Grade, als bei den Mundspeicheldrüsen. Bidder und Schmidt erhielten nur 0,048 Grm. aus dem grösseren der beiden pankreatischen Gänge des Hundes für die Einheiten des Kilogrammes des Körpergewichtes und der Zeitstunde. Sie schlagen daher die entsprechende Gesammtmenge auf 0,10 Grm. an. Weinmann dagegen kam auf die ausserordentliche Menge von 1,46 Grm. für jene Einheiten, mithin auf mehr als die Summe der Mundflüssigkeiten (§. 888). Man kann zwar nach einer nicht unwahrscheinlichen Schätzung annehmen, dass die Bauchspeicheldrüse keine kleinere Absonderungsfläche als die Gesammtsumme der Mundspeicheldrüsen besitzt. Jener Absonderungswerth dürfte aber doch den der gewöhnlichen Verhältnisse bedeutend überschreiten. Die Einnahme von Flüssigkeiten und besonders von Wasser vergrössert die Geschwindigkeit der Pankreasabsonderung.

Absolute Menge des Bauchspeichels.

§. 896. Hunde ertragen die Ausrottung der Bauchspeicheldrüse ohne nachtheilige Folgewirkungen. Menschen, die an durchgreifenden Pankreasentartungen leiden, leben oft Jahre lang fort. Es kommt in diesen Kranken und in Personen mit organischen Magenleiden vor, dass grosse Mengen von Flüssigkeiten von Zeit zu Zeit erbrochen werden. Man hielt sie häufig für Bauchspeichel, der von dem Zwölffingerdarme aus in den Magen zurückgetreten sei. Sie bestehen aber wahrscheinlich nur aus Mundflüssigkeiten, die in reichlicherer Menge ausgeschieden und verschluckt worden.

Krankheiten der Bauchspeicheldrüse.

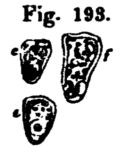
§. 897. Gallenabsonderung. — Die Eigenthümlichkeit des Pfortadersystemes (§. 570) verleiht der Leber eine Ausnahmsstellung unter allen Drüsen unseres Körpers. Da sie hochrothes Blut von der Leberschlagader und eine grössere Menge dunkelrothen Blutes von der Pfortader empfängt, so unterliegt es keinem Zweifel, dass die zur Gallenbereitung bestimmten Lebercapillaren (Taf. VI. Fig. XCIV.) vorzugsweise venöse Blutmassen enthalten. Die schon §. 570 erläuterten Verhältnisse machen es sogar wahrscheinlich, dass nur dunkelrothes Blut aus den die Leberkörner umkreisenden Stämmchen (*Venae interlobulares*, Taf. VI. Fig. XCIV.) nach den Haargefässen überströmt. Die Galle stammt also aus dunkelrothem Blute, während hellrothes Blut den Absonderungsschläuchen aller anderen Drüsen zuströmt.

Gallenbereitung.

§. 898. Man kennt noch nicht die Mechanik der Gallenabsonderung. Viele Leberzellen, *cef*, Fig. 193, enthalten zwar gallenähnliche Massen (§. 830). Es lässt sich aber nicht angeben, in welchen Beziehungen sie zur Gesammtmischung der Galle stehen und ob und wie sie in diese gelangen. Die Annahmen, dass die Zellen bersten oder aufgelöst werden, gehören zu den subjectiven Vorstellungen, denen die sicheren Erfahrungsbeweise mangeln. Die jüngeren Leberzellen des Fötus führen, nach Lereboullet[23]), Fett statt der Gallenstoffe.

Leberzellen.

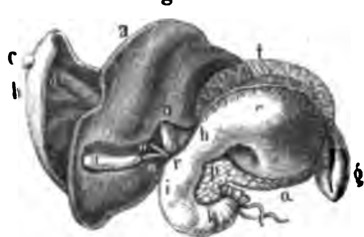
Fig. 193.



Abführung der Galle.

§. 899. Die aus den Gallengängen in den Lebergang (*Ductus hepaticus*) *n*, Fig. 194, übergetretene Galle kann zweierlei Wege einschlagen. Sie tritt nach dem Gallenausführungsgange (*Ductus choledochus*) *r* und von da in den Zwölffingerdarm *i* (§. 183) oder durch den Gallenblasengang (*Ductus cysticus*) *m* in die Gallenblase *l*. Hat sie eine Zeit lang in dieser verweilt, so kehrt sie durch den Gallenblasengang *m* zurück, um ebenfalls durch den Gallenausführungsgang *r* nach dem Darme abzufliessen.

Fig. 194.



Gallenblase.

§. 900. Die Spiralklappe, die der Hals der menschlichen Gallenblase (bei *n*, Fig. 194) enthält, verzögert den Ein- und den Austritt der Galle. Die Gallenblase selbst und alle oben erwähnten grösseren Gänge besitzen reichliche Mengen glatter Muskelfasern. Man sieht auch bisweilen in frisch getödteten Thieren, dass sich die Gallenblase nach elektrischen Erregungen zusammenzieht. Der Gallenausführungsgang kann eine lebhafte Wurmbewegung darbieten.

Einfluss der Verkürzung.

§. 901. Diese Verkürzungserscheinungen üben oft einen bedeutenden Einfluss auf die Fortbewegung der Galle aus. Denkt man sich, dass sich der Gallenausführungsgang verengt, so bleibt nur der Weg nach der Gallenblase offen. Ziehen sich die Muskelfasern in der Nähe des Gallenblasenhalses zusammen, so wird der Druck der tieferen Ausathmung (§. 677) oder der Bauchpresse (§. 177) die Galle um so weniger aus der Gallenblase austreiben können, als die Spiralklappe die Widerstände ohnedies vergrössert. Die Zusammenziehung der Gallenblase und des Gallenausführungsganges kann endlich die Gallenentleerung unterstützen.

Gallengangdrüsen.

§. 902. Die Drüsengebilde, die in den Wänden der grösseren und der mittleren Gallengänge liegen (Taf. VI. Fig. XCVIII.), theilen wahrscheinlich eine eigenthümliche Mischung der vorüberfliessenden Galle mit. Da ihre Innenfläche nicht mit Leberzellen, sondern mit rundlichen Drüsenzellen bekleidet ist, so können sie nicht als kleinere oder unvollkommen entwickelte Gallengänge betrachtet werden.

Aufenthalt der Galle.

§. 903. Die Galle wird in der Gallenblase dichter und schleimiger. Sie kann sich sogar schon hier theilweise zersetzen. Ihre Ruhe führt leicht zu regelwidrigen Ablagerungen von Cholesterinkrystallen oder von Gallensteinen.

Seifenverbindung Galle.

§. 904. Die iatrochemische Schule des siebzehnten Jahrhunderts betrachtete die Galle als eine Seifenverbindung. Die gegenwärtige Chemie hat sich dieser Auffassungsweise nach manchen Umwegen angeschlossen. Jeder nachfolgende Analytiker liess aber das Natron der Galle mit anderen Säuren als sein Vorgänger verbunden sein. Der Gegenstand ist selbst jetzt noch nicht abgeschlossen, sondern nur bei der Aussichtslosigkeit eines baldigen Endentscheides vorläufig zur Ruhe gekommen.

§. 905. Hält man sich an die Beobachtungen von Strecker, so besteht die neutrale oder höchstens schwach alkalische Galle vorzugsweise aus Natronverbindungen der Cholsäure ($C_{52}H_{4}NO_{11}HO$) und der Choleinsäure ($C_{52}H_{45}NO_{14}S_{2}$), zu denen noch Wasser, Fette, Farbestoffe, Schleim und Aschenbestandtheile hinzukommen. Das Kochen mit verdünnter Schwefel- oder Salzsäure verwandelt die Cholsäure in die stickstofffreie Choloidinsäure ($C_{48}H_{39}O_{9}$) und in Glycocoll ($C_{4}H_{5}NO_{4}$). Die Choloidinsäure giebt bei 200° C. einen in Weingeist und Alkalien unlöslichen, in Aether leichter löslichen Körper, das Dyslysin ($C_{48}H_{36}O_{6}$), das in den Excrementen ebenfalls angetroffen wird (§. 304). Die Choleinsäure erzeugt unter dem Einflusse von Alkalien das schwefelreiche Taurin ($C_{4}H_{7}NO_{6}S_{2}$), das auch neben Ammoniak bei der Fäulniss der Galle auftritt.

Gallensäuren.

§. 906. Die beiden erwähnten Säuren kommen in der Galle des Rindes, des Schafes, des Fuchses, des Wolfes, des Huhnes und der Fische vor. Die Schweinsgalle hingegen zeichnet sich dadurch aus, dass sie statt ihrer Hyocholsäure ($C_{54}H_{43}NO_{10}$) und geringe Mengen von Hyocholeinsäure ($C_{54}H_{45}NO_{12}S_{2}$) führt. Sie liefert nur 0,4 % Schwefel, während er in der Galle der oben erwähnten Thiere 3 bis 6 % beträgt.

§. 907. Salpetersäure, die salpetrige Säure enthält, färbt die wässerige Lösung des Gallenfarbestoffes grün, später violett und zuletzt roth. Die gelbe Färbung kehrt endlich nach längerem Stehen von Neuem zurück. Man hat auch einen grünen und einen gelben Farbestoff, ein Biliverdin und ein Bilifulvin dargestellt. Jenes, das wahrscheinlich nur ein Oxydationsproduct des gelben Farbestoffes ist, röthet sich nach und nach unter dem Einflusse des Sauerstoffes der Atmosphäre. Beide Körper bilden vermuthlich unreine Gemenge, deren nähere Verhältnisse noch nicht ergründet worden. Cholesterin ($C_{28}H_{24}O + HO$) ist in der Galle immer vorhanden.

Gallenfarbestoff.

§. 908. Der Wassergehalt der Menschengalle, die eine Zeit lang in der Gallenblase verweilt hat, beträgt 82,8 bis 91,9 %. Dass die ursprüngliche Galle verdünnter ist, erhärten unter Anderem die von Bidder und Schmidt gemachten Erfahrungen. Der Gallenblaseninhalt lieferte nach ihnen 75 bis 90 % Wasser, während die frisch von der Leber herabkommende Galle durchschnittlich mehr als 98 % im Kaninchen, 95 % im Hunde und 93 % in Gänsen und Krähen darbot. Der Schleimgehalt giebt keinen Maassstab für die Menge des festen Rückstandes. Er macht häufig die an und für sich neutrale Galle alkalisch.

Zusammensetzung der Galle.

§. 909. Man kann im Allgemeinen annehmen, dass die Galle ungefähr sechsmal so viel organische als unorganische Stoffe führt. Da nur die Choleinsäure Schwefel enthält (§. 905), so hat man die Bestimmung des Schwefelgehaltes der Galle benutzt, um die Menge jener Säure zu schätzen. Die Ochsengalle würde hiernach ungefähr eben so viel choleinsaures, als cholsaures Natron führen. Choleinsaures Natron herrscht dagegen in der Galle des Kalbes, des Schafes, des Fuchses, des Wolfes, des Huhnes und der Fische vor. Es soll in der des Hundes und der Schlangen ausschliesslich vorhanden sein. Die Schwierigkeiten der genauen Schwefelbestimmungen lassen in dieser Beziehung manche Zweifel offen. Die Asche der Rindsgalle liefert vorherrschende Mengen von Chlornatrium und phosphorsaurem

Kali und Natron, nebst geringen Quantitäten phosphorsaurer Kalk- und Talkerde, Eisenoxyd und Kieselsäure.

§. 910. Die Galle eines im Winterschlafe gestorbenen Murmelthieres gab mir die deutlichste Zuckerreaction nach dem Gebrauche der Fehling'schen Lösung (§. 259). Eiweiss soll bisweilen in der Galle von Menschen, die an Albuminurie leiden, und Harnstoff in der von Thieren, deren Nieren ausgerottet worden, auftreten.

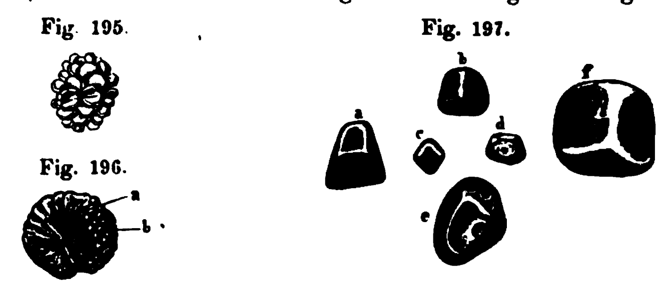
Gallensteine.

§. 911. Die Gallensteine, die man oft in den Gallenwegen und häufiger in der Gallenblase in grossen Mengen findet, bestehen in der Regel vorzugsweise aus Gallenfett ($C_{28}H_{24}O + HO$), zu dem sich freier oder mit Kalk verbundener Farbestoff, Margarin (§. 103) und margarinsaure Salze hinzugesellen. Es gehört zu den Ausnahmen, dass sie Harnsäure ($C_{10}H_2N_4O_4 . 2HO$) oder vorherrschende Quantitäten von phosphorsaurer Kalkerde führen. Harnstoff ($C_2H_4N_2O_2$) ist einmal von Kühn gefunden worden.

Manche dieser Gallensteine bilden vollständige Krystalldrusen von Gallenfett, das durch Gallenfarbestoff gefärbt ist. Fig. 195 zeigt einen sol-

Fig. 195. Fig. 197.

Fig. 196.



chen Stein, dessen Krystallbildung vollkommen entwickelt ist, und Fig. 196 *a* die krystallinische Spaltungsfläche eines zweiten, dessen Oberfläche *b* auf den ersten Blick maulbeerförmig, bei näherer Betrachtung aber ebenfalls krystallinisch erscheint. Man darf nicht die Schliffflächen, welche die meisten Gallensteine besitzen, für Krystallflächen halten. Sind sie in grösserer Zahl vorhanden, so reiben sich ihre weichen Massen wechselseitig ab, wenn die äusseren von der Gallenblase (§. 901) oder den Bauchdecken (§. 177) gelieferten Drucke sie an einander verschieben. Sie erhalten daher zum Theil ebene Begrenzungen, wie *a* bis *f*, Fig. 197, anzeigt.

Bestimmung der Gallenmenge.

§. 912. Die Bemühungen, die in einer Zeiteinheit austretenden Gallenmengen zu bestimmen, haben zu widersprechenden Resultaten geführt. Die Hauptursache dieses Uebelstandes liegt in den wechselnden Nebenverhältnissen, in denen sich die der Untersuchung zum Grunde gelegten Thiere befanden. Man sieht schon an Menschen, die an Gallenblasenfisteln leiden, dass die Quantitäten der täglich abfliessenden Galle trotz der Gleichheit der Diät beträchtlich schwanken. Die Heilung von Fisteln des oberen Abschnittes der dünnen Gedärme wird nicht selten zurückgeworfen, weil plötzlich eine bedeutende Menge einer stark galligen Flüssigkeit ohne eine merkliche äussere Ursache zur Wunde heraustritt.

§. 913. Bidder und Schmidt unterbanden den Gallenausführungsgang (*r*, Fig. 194 S. 280) von Katzen, so dass nur der Weg nach der Gal-

lenblase frei blieb. Sie öffneten diese und leiteten die hervortretende Galle durch eine eingebundene Abzugscanüle in einen Aufnahmebehälter. Diese Bemühungen lehrten zunächst, dass die Ernährungsverhältnisse einen wesentlichen Einfluss auf die gelieferte Gallenmenge ausüben. Stellt man die Durchschnittszahlen, welche 18 Katzen geliefert haben, übersichtlich zusammen, so hat man:

Neben-verhältnisse.	Mittlere, in Gramm. ausgedrückte Menge für die Einheiten des Kilogrammes Körpergewicht und der Stunde		Neben-verhältnisse.	Mittlere, in Gramm. ausgedrückte Menge für die Einheiten des Kilogrammes Körpergewicht und der Stunde	
	der Galle.	des festen Rückstandes.		der Galle	des festen Rückstandes.
2½ bis 3 Stunden nach der Fütterung	0,600	0,033 = 5,50 %	Nach 240stündigem Hungern	0,094	0,007 = 7,45 %
12 bis 15 Stunden nach der Nahrungseinnahme	0,807	0,045 = 5,58 %	Nach sehr reichlicher 23stündiger Fleischnahrung	1,185	0,062 = 5,23 %
24 Stunden nach der letzten Fütterung	0,410	0,025 = 6,10 %	Nach zweitägiger reichlicher Fleischnahrung	1,003	0,063 = 6,28 %
Nach 48stündigem Fasten	0,291	0,020 = 6,87 %	Nach fünftägiger Speckdiät	0,218	0,023 = 10,55 %
Nach 72stündigem Fasten	0,179	0,018 = 10,05 %	Nach Fettdiät und dem Genusse von Leberthran	0,211	0,016 = 7,58 %
Nach 168stündigem Fasten	0,153	0,011 = 7,19 %	Nach der Fütterung mit fettreichem Fleisch	0,257	0,029 = 11,28 %

Das Maximum der Mittelwerthe kam hiernach 12 bis 15 Stunden nach der Nahrungseinnahme zum Vorschein. Berücksichtigt man die hygroskopische Beschaffenheit des Gallenrückstandes, die nicht unbedeutende Beobachtungsfehler gestattet, so folgt, dass die mittlere Dichtigkeit der Galle 3 oder 12 Stunden nach der Fütterung trotz der verschiedenen absoluten Mengen gleich geblieben war. Die Variationen des Wassergehaltes der eingeführten Nahrung werden jedoch wahrscheinlich diese Beständigkeit in vielen Einzelfällen beseitigen. Der Hunger lässt die absoluten Gallenmengen sinken, während die Concentrationsgrade selbst nach 10tägigem Fasten höher als bei gewöhnlicher oder reichlicher Fleischdiät ausfielen. Die hohen Procentgehalte, welche die Speckdiät herbeiführte, rührten wahrscheinlich von den übergetretenen Fettmassen her.

§. 914. Stellt man die Durchschnittsgrössen, die Bidder und Schmidt für die Einheiten des Kilogrammes Körpergewicht und die Zeitstunde angeben, zusammen, so hat man:

Thier.	In Gramm. ausgedrückte Menge	
	frische Galle.	fester Rückstand.
Katze	0,608	0,034 = 5,6 %
Hunde	0,824	0,042 = 5,1 %
Schaf	1,059	0,056 = 5,3 %
Kaninchen	5,702	0,103 = 18,1 %
Gans	0,491	0,034 = 7,0 %
Krähe	3,004	0,219 = 7,2 %

Die Pflanzenfresser bereiten hiernach mehr Galle, als die Fleischfresser. Die auffallend hohen Werthe des Kaninchens und der Krähe scheinen mit dem regeren Stoffwechsel der kleineren Geschöpfe zusammenzuhängen. Man darf übrigens nicht ausser Acht lassen, dass die unvermeidlichen Beobachtungsfehler umgekehrt wie die Grösse der Geschöpfe und die absoluten Flüssigkeitsmengen wachsen können.

§. 915. Bidder und Schmidt, Nasse und Arnold haben Gallenblasenfisteln in Hunden angelegt, um die gelieferten Gallenmengen zu bestimmen. Die bedeutenden Unterschiede, welche diese Bemühungen lieferten, erklären sich aus der Natur der Sache und der Verschiedenheit der gebrauchten Methoden. Wir werden sehen, dass die Ernährungsweise des operirten Thieres einen durchgreifenden Einfluss auf die Gallenbereitung ausübt. Prüft man die Absonderung nur hin und wieder im Laufe eines Tages, so kann man keine allgemeinen Schlüsse gewinnen, weil die Secretionsgeschwindigkeit häufig wechselt. Das Verfahren, die Galle durch Schwämme aufsaugen zu lassen und deren Menge durch die Gewichtszunahme der letzteren zu bestimmen, schliesst die Gefahr nicht unbedeutender Beobachtungsfehler in sich. Halten wir uns daher an die Versuche von Arnold, in welchen diese Klippen vermieden wurden, so ergiebt sich für die Einheiten des Kilogrammes des Körpergewichtes und der Zeitstunde:

Täglich eingenommene Nahrung.	Abgesonderte Gallenmenge in Gramm.
750 Grm. Fleisch.	0,485
470 Grm. Brot.	0,338

Diese Werthe sind, wie man sieht, beträchtlich kleiner, als [illegible] früher angeführten. Sie werden aber im Ganzen den regel[illegible]

näher stehen, obgleich immerhin die Anwesenheit einer Gallenfistel in das Räderwerk des Organismus tief eingreift. Die absoluten Mengen des Brotes und des Fleisches verhielten sich wie 1 : 1,6 und die der Gallenabsonderung wie 1 : 1,4.

§. 916. Der Versuch, die bis jetzt vorliegenden Resultate auf den Menschen überzutragen, stösst auf bedeutende Schwierigkeiten. Die Verschiedenheit der Organisation, die beträchtlichere Körpergrösse, die Mannigfaltigkeit der Nahrung und die momentanen Schwankungen der Blutbeschaffenheit und der Zustände des Nervensystemes lassen keinen sicheren Vergleich anstellen. Man kann aber 0,5 Grm. für je ein Kilogramm Körpergewicht und eine Stunde als ersten mittleren Annäherungswerth betrachten. Ein Mensch, der 60 Kilogrm. wiegt, würde hiernach 720 Grm. oder nahebei $1^1/_2$ Kilogrm. Galle täglich bereiten.

Trägheit der Gallenbereitung.

§. 917. Die Grösse der Leber, die bedeutende Menge der dicht zusammengedrängten Gallengänge und die ausserordentliche Zahl von Leberzellen (§. 898) lassen schon von vornherein erwarten, dass die Geschwindigkeit der Gallenabsonderung kleiner als die der meisten anderen Drüsen ausfällt. Der Vergleich mit den Nieren kann diesen Satz numerisch erhärten. Man hat z. B. für die Durchschnittsgrössen des erwachsenen Menschen:

Mittleres Gewicht.	Mittlere Menge der Absonderungsflüssigkeit für 1 Grm. Drüse und 1 Stunde.
Leber = 1312 Grm.	0,023 Grm.
Nieren = 270 Grm.	0,232 Grm.

Die Nieren würden hiernach einen zehnmal so grossen Mittelwerth als die Leber liefern. Da aber 1 Grm. Leber eine ausgedehntere Absonderungsfläche als 1 Grm. Niere enthält, so muss hierdurch die durchschnittliche Geschwindigkeit der Harnabsonderung noch mehr wachsen. Man darf daher vermuthen, dass wesentliche Bestandtheile der Galle erst langsam in den Leberzellen erzeugt werden (§. 830). Manche andere Drüsen, deren Secrete seltener austreten, wie z. B. die Hoden, werden in der Regel noch träger arbeiten.

Verhältniss der Galle zum Blute.

§. 918. Da die voluminöse Pfortader und die nicht sehr schmale Leberschlagader Blut zur Leber leiten, so lässt sich mit Recht annehmen, dass diese Drüse mit mehr Blut als die übrigen Absonderungswerkzeuge versorgt wird. Die Einrichtung des Pfortaderkreislaufes (§. 570) macht es in hohem Grade unwahrscheinlich, dass die Vortheile der reichlichen Blutzufuhr durch die Abnahme der Geschwindigkeit aufgewogen werden. Kommt nun noch die Langsamkeit der Gallenbereitung hinzu, so brauchen Stoffe, die aus dem Blute in die Galle übergehen, nur in Minimalmengen in der Blutmasse enthalten zu sein, um allen Forderungen zu genügen. Geht ihre Vertheilung im Blute weiter hinab, als die Empfindlichkeit der sie anzeigenden Reagentien, so wird sie der Chemiker im Blute vergeblich aufsuchen.

Gelbsucht.

§. 919. Die Zeichen der Gelbsucht (*Icterus*) haben häufig annehmen lassen, dass die Gallenstoffe im Blute erzeugt und nur in der Leber abgegeben werden. Die Galle fliesst dann nicht in den Zwölffingerdarm (§. 308). Das Blut scheidet dafür gelbe oder gelbgrüne Transsudate aus (§. 857). Die Ernährungsflüssigkeit erhält daher eine gelbe bis grünliche Farbe. Dünnhäutige Stellen, wie die Bindehaut des Auges (*d*, Fig. 192 S. 273), verrathen am ehesten den Anfang der regelwidrigen Aussonderung. Der Urin wird nach und nach dunkeler und endlich braungrün.

Diese Erfahrungen würden höchstens einen Rückschluss auf den Gallenfarbestoff (§. 907), nicht aber auf die Gallensäuren (§. 905) gestatten. Da aber die Desoxydation des Blutfarbestoffes gelbe Färbungen ebenfalls möglich macht, so lässt sich aus jenen Thatsachen nicht mit Bestimmtheit schliessen, dass die im Blute vorgebildeten, nicht aber in der Leber entfernten Gallenstoffe an anderen Orten in Gelbsüchtigen austreten.

Ausrottung der Leber.

§. 920. Lehmann und Moleschott konnten keine Spur von Gallenverbindungen im Blute von Fröschen, deren Leber sie ausgerottet hatten, nachweisen. Die Thiere lebten z. B. 2 bis 3 Wochen nach der Operation in Moleschott's Versuchen fort. Die Reste der früher in den Darm übergetretenen Galle waren schon längere Zeit vor dem Tode spurlos verschwunden. Diese Thatsachen unterstützen die Vermuthung, dass eine Reihe eigenthümlicher Gallenstoffe aus den Durchschwitzungsmassen des Blutes in der Leber erzeugt wird.

Aenderungen des Blutes in der Leber.

§. 921. Die Eigenthümlichkeit, dass die Haargefässe dieser Drüse venöses Blut statt des gewöhnlichen arteriellen empfangen, hängt hiermit innig zusammen. Das Serum des Pfortaderblutes des Pferdes führt immer, nach Lehmann, mehr Wasser und weniger Eiweiss oder Extractivstoffe als das des Lebervenenblutes. Der Blutkuchen giebt ebenfalls grössere Wasserquantitäten, weniger Faserstoff und eine beträchtlichere Gewichtsmenge der Blutkörperchen. Wasser, Eiweiss und Faserstoff gehen daher in den Lebercapillaren verloren, während die Zahl oder, was wahrscheinlicher ist, die Dichtigkeit der Blutkörperchen zunimmt. Eine gewisse Quantität von Fettverbindungen bleibt ebenfalls in der Leber zurück.

Blutkörperchen des Leberblutes.

§. 922. Manche frühere Forscher liessen die ältesten Blutkörperchen in der Leber zu Grunde gehen. Ihre Auflösung sollte das Material der Gallenstoffe liefern. Die Angaben, dass sich die hierfür bestimmten Blutkörperchen durch ihre eigenthümlichen Formen und den Mangel der Kerne (*b*, Taf. II. Fig. XXIII.) auszeichnen, hat sich weder in Fröschen, noch in Säugethieren bestätigt. Lehmann fand eine so grosse Zahl von farblosen Blutkörperchen (Taf. II. Fig. XXIII. *c*, Fig. XXIV. *b c*) in dem Blute der Lebervenen, wie in keiner anderen venösen Blutart, mit Ausnahme des Blutes der Milzvene. Alle Schlüsse, die man bis jetzt über den Untergang oder die Bildung der Blutkörperchen machte, entbehren des sicheren Erfahrungsbodens.

Zuckergehalt der Leber.

§. 923. Bernard hat zuerst beobachtet, dass die Lebermasse nicht unbedeutende Mengen von Zucker enthält. Kocht man ein Stück der Lebersubstanz mit Wasser, fügt neue Leberportionen nach der Erschöpfung der früheren hinzu und filtrirt das Ganze, so zeigt die durchgelaufene Flüssigkeit die Anwesenheit von Zucker an, man mag die Proben von Peligot

(§. 258) oder von Trommer (§. 259), die Gährungsprüfung (§. 257) oder die Untersuchung mit dem Polarisationsapparate (§. 249) gebrauchen. Ist der Zuckergehalt irgend bedeutend, so kann ein kalter Wasserauszug der Leber für den qualitativen Nachweis ebenfalls genügen.

§. 924. Das Inosit oder der Muskelzucker ($C_{12}H_{12}O_{12} + 4\,HO$) gehört nur seiner elementaranalytischen Zusammensetzung nach zur Gruppe der Zuckerarten (§. 95). Er beantwortet dagegen nicht die eben erwähnten Zuckerproben. Lässt man ihn daher unbeachtet, so soll kein anderer Theil als die Leber Zucker enthalten. Dieses ist schon insofern nicht vollkommen richtig, als das Blut, die Eier der Vögel und, nach Bernard[24]), die Cerebrospinalflüssigkeit (§. 856) deutlich wahrnehmbare Mengen von Zucker zu führen pflegen. Eine noch auffallendere Reihe von Ausnahmen gab mir ein seit einem Monate im Winterschlafe befindliches Murmelthier. Nicht nur das Blut und die Substanz der Leber, sondern auch die Galle, die grauweisse, im Magen enthaltene Flüssigkeit, die Abkochung der Lungen und die des gereinigten Zwerchfelles lieferten hier eine unzweifelhafte Zuckerreaction. Ich gebrauchte vor Allem eine frisch bereitete Fehling'sche Lösung, die ich, nachdem sie mit den filtrirten Untersuchungsflüssigkeiten vermischt worden, vorsichtig und zwar nicht bis zum vollständigen Aufkochen erwärmte. Ist Zucker vorhanden, so entsteht dann eine gelbliche Trübung in dem am meisten erwärmten Bezirke, an welchem eine Reihe von Gasbläschen zum Vorschein kommt. Sie verbreitet sich von selbst in der übrigen Flüssigkeit. Jedes tumultuarische Aufkochen dagegen kann zu Täuschungen führen. Manche andere organische Stoffe reduciren dann ebenfalls das Kupferoxyd (§. 259). Das Blut der unteren Hohlvene oder des linken Herzens, der Inhalt der dünnen und der dicken Gedärme, die Abkochungen von Proben des Gehirns, der Thränendrüse, der Unterkieferdrüse, der Winterschlafdrüse, der Nieren, der Nebennieren, der Harnblase lieferten keine Spur von Zuckerreaction.

Zuckermenge der Leber.

§. 925. Man bestimmt den Zuckergehalt der Leber am einfachsten mit einer titrirten Fehling'schen Lösung (§. 259) auf dem Wege der Maassanalyse. Bernard erhielt 1,10 bis 2,14 % im Menschen, 2,15 % im Affen, 1,30 bis 1,90 % im Hunde, 2,09 % in der Katze, 3,66 % im Eichhörnchen, 1,70 % im Meerschweinchen, 1,50 bis 2,66 % im Kaninchen, 1,75 bis 2,10 % im Schafe, 1,00 bis 3,25 % im Rinde und 4,08 % im Pferde. 100 Grm. Lebersubstanz des §. 924 erwähnten Murmelthieres gaben 2,87 % Zucker. Das aus der Leber geflossene Blut lieferte nur 0,82 %. Eine grosse Menge des Zuckers war daher in den Geweben des Leberparenchyms enthalten.

Einfluss der Nahrung.

§. 926. Bernard erhielt 0,77 % Zucker in einem 6½monatlichen menschlichen und 1,27 % im reifen Katzenfötus. Er fand den Zucker in Hunden, die er nur mit Fleisch gefüttert hatte. Der anhaltende Genuss von Stärkemehlkörpern vergrössert, nach ihm, den Zuckergehalt der Leber nicht. Er sinkt bei fortgesetzter Fettnahrung und noch mehr nach blossem Wassergenusse, steigt, nach Bernard, während der Verdauungszeit, geht bei längerem Fasten herab und schwindet endlich kurz vor dem Tode gänzlich. Murmelthiere, die einige Tage vor dem Einschlafen keine Nahrung erhielten, im Winter von Zeit zu Zeit aufwachten und später wieder ein-

schliefen, gaben mir Monate lang Leberzucker. Ich vermisste ihn dagegen in einem Igel, der in keinen tiefen Winterschlaf verfallen, häufig erwacht und endlich einige Tage nach dem Aufwachen verhungert war. Die Leber von Fröschen, die vom October bis März ohne weitere Nahrung in Wasser lebten, zeigten immer einen nicht unbedeutenden Zuckergehalt der Leber. Liess ich einen solchen Frosch im März in einer mit Wasserdampf gesättigten Atmosphäre, ohne dass er mit Wasser selbst in Berührung kam, fortleben, so ging er nach einer Woche zu Grunde und bot reichliche Mengen von Zucker in seiner Leber dar.

Selbstzersetzung des Leberzuckers.

§. 927. Der Leberzucker schwindet nicht so rasch als gewöhnlich angegeben wird, in den Leichnamen mancher Thiere. Ich konnte ihn noch 17 Tage nach dem Tode und 8 Tage nach der Bereitung der Abkochung in dem Blute und der Substanz der Leber des §. 924 erwähnten Murmelthieres nachweisen. Liess man die mit Bierhefe vermischte Flüssigkeit bei + 10° bis 20° C. stehen, so war noch nicht alle Spur von Zucker nach 5 Tagen geschwunden.

Ursprung der Gallenbestandtheile.

§. 928. Da die beiden Hauptverbindungen der Galle, die Cholsäure und die Choleinsäure, Stickstoff führen, so versteht sich von selbst, dass stickstofffreie Körper, wie die Oele, zur Gallenbereitung nicht hinreichen. Man weiss nicht, wie die hierzu verwandte Mischung stickstoffhaltiger und stickstoffloser Verbindungen umgewandelt und aus welchen Substanzen die Zuckermassen der Leber erzeugt werden. Eine durch Erfahrungen nicht näher unterstützte Hypothese fusst auf der Einwirkung der Alkalien. Diese zerlegen die Cholsäure ($C_{52}H_{42}NO_4$) in die stickstofflose Cholalsäure ($C_{48}H_{40}O_{10}$) und das stickstoffhaltige, aber schwefelfreie Glycocoll ($C_4H_5NO_4$) und die Choleinsäure ($C_{52}H_{45}NO_{14}S_2$) in Cholalsäure ($C_{48}H_{40}O_{10}$) und das stickstoff- und schwefelhaltige Taurin ($C_4H_7NO_6S_2$). Man stellt sich daher vor, dass die Bedürfnisse des Glycocoll und des Taurin von den zugeführten Eiweisskörpern und die der Cholalsäure von den Fetten gedeckt würden.

Endschicksale der Galle.

§. 929. Wir haben §. 307 die Beziehungen der Galle zu den Verdauungserscheinungen kennen gelernt. Es ergab sich, dass ein grosser Theil der flüssigen Gallenbestandtheile aufgesogen wird und die unlöslichen Umsatzproducte, wie das Dyslysin (§. 905), mit dem Kothe austreten. Man hat häufig angenommen, dass die organischen Bestandtheile der Galle, die von dem Darme aus in das Blut zurückkehren, in diesem verbrannt würden und Kohlensäure für die Lungen- und die Hautausdünstung lieferten. Sollte auch diese noch nicht bewiesene Hypothese begründet sein, so lässt sich doch leicht zeigen, dass hierdurch nur ein sehr kleiner Theil der perspirirten Kohlensäure gedeckt werden könnte. Nimmt man die Einheiten des Kilogramms des Körpergewichtes und der Stunde zur Basis, so giebt ein Hund 1,158 Grm. Kohlensäure (§. 798) und 0,4 Grm. Galle (§. 915). Jene führt aber 27,27 % Kohlenstoff, während man den Kohlenstoffgehalt der von der Leber herabkommenden Galle zu 3 % anschlagen kann. Diese könnte daher nur $^1/_{26}$ des mit der Perspiration entfernten Kohlenstoffes nach den eben gemachten Voraussetzungen liefern, wenn kein Bestandtheil derselben in dem Kothe austräte. Wollte man selbst die Maxima der Gallenabsonderung (§. 914), mithin zu hohe Werthe der Schätzung zum Grunde

legen, so würde ungefähr $1/8$ im günstigsten Falle herauskommen. Die Ansicht, dass die aufgesogene Galle die Kohlensäureausgaben deckt, während ihre stickstoffhaltigen Umsatzproducte in den Harn gelangen, ist daher nicht begründet.

§. 930. Die von älteren Forschern aufgestellte Hypothese, dass die Galle einen Auswurfsstoff des Blutes bildet, lässt sich insofern vertheidigen, als einzelne ihrer Umsatzproducte im Kothe davongehen (§. 304). Sollten ihre aufgesogenen Bestandtheile im Blute verbrennen, so würde dieses einen zweiten Grund für jene Auffassungsweise hinzufügen.

Beziehungen des Lebervenenblutes.

§. 931. Die Einrichtung, dass das Blut der Lebervenen in den Endtheil der unteren Hohlader tritt und von da zu dem rechten Herzen und den Lungen fliesst, führt zu der nahe liegenden Vermuthung, dass ein Theil seiner Elemente unter dem Einflusse des atmosphärischen Sauerstoffes sogleich verändert werden soll. Viele der zahlreichen farblosen Blutkörperchen (§. 391) gehen vielleicht auf diese Weise in gefärbte über (§. 395). Man weiss nicht, ob hierbei Kohlensäure frei wird oder nicht.

Kohlensäurebildung nach Entfernung der Leber.

§. 932. Moleschott hat in vergleichenden Versuchen gefunden, dass gesunde Frösche mehr als das Doppelte der Kohlensäure in Vergleich mit entleberten für dieselben Massen- und Zeiteinheiten ausscheiden. Der so beträchtliche Unterschied hängt nicht von dem unvermeidlichen Blutverluste ausschliesslich ab. Amputirte Frösche, denen mehr Blut als bei der Ausrottung der Leber davongeht, entzogen worden, führen zu keinen so tief greifenden Abweichungen. Die Entfernung der Leber hemmt daher die Bildung gewisser Körper, die Kohlensäure unter dem Einflusse des Sauerstoffes erzeugen. Bedenkt man, dass die Galle der Säugethiere einen nur kleinen Bruchtheil der Perspiration der Kohlensäure deckt (§. 929), so muss sie entweder einen weit bedeutenderen Einfluss auf die absolut geringeren Kohlensäuremengen der Reptilien gewinnen oder die Leber noch andere verbrennbare Stoffe, die in dem Lebervenenblute davongehen, erzeugen können.

Eigenschaften des Harns.

§. 933. Harnabsonderung. — Der von den Nieren gelieferte Harn bildet gleichsam das Spülwasser, in welchem viele durch die Körperthätigkeiten unbrauchbar gewordene Stoffe und manche Bestandtheile der Nahrungsmittel fortgeführt werden. Er entleert beträchtliche Wassermengen, stickstoffhaltige Umsatzproducte, in Wasser lösliche Salze und einzelne organische Körper, die in den Speisen oder den Arzneien enthalten waren. Die Menge und die Beschaffenheit des Harnes wechseln daher mit den Nebenverhältnissen in hohem Grade.

Fig. 198.

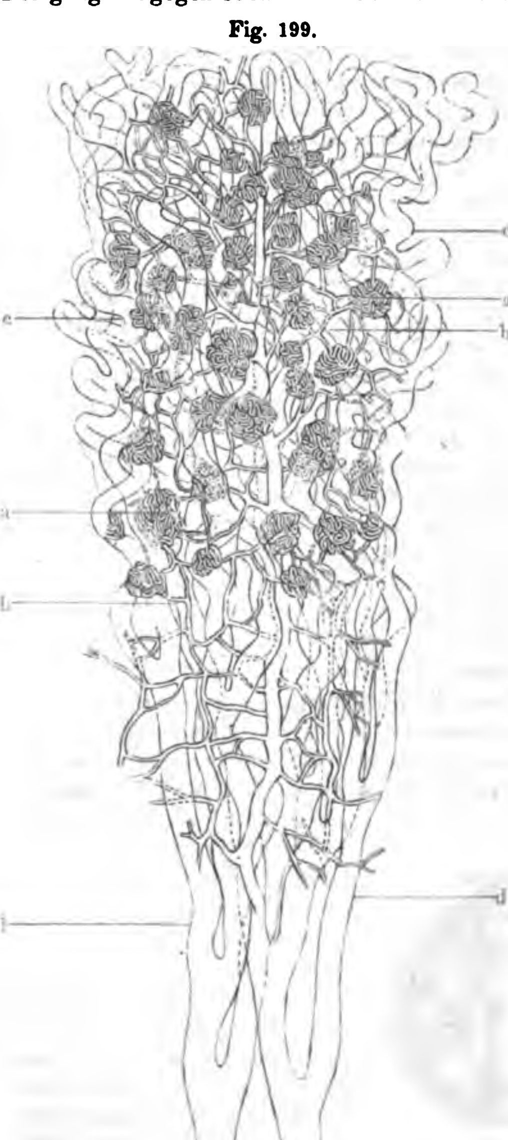


Nieren.

§. 934. Hat man die Niere eines Erwachsenen der Länge nach aufgeschnitten, so findet man, dass sie aus zwei verschiedenen Massen, dem grauweissen längsstreifigen Marke *c*, Fig. 198, und der dunkleren körnigen Rinde, *ef*, zu bestehen scheint. Eine genauere Untersuchung lehrt

aber, dass nur der Verlauf der in beiden enthaltenen Drüsengänge oder der Harncanälchen den Unterschied bedingt. Die der Markmasse, welche die Anfangsstücke der Absonderungsröhren bilden, ziehen sich geradlinigt dahin (*Tubuli uriniferi recti*, *d*, Fig. 199), während sich die des Markes mannigfach winden und verknäueln (*Tubuli uriniferi contorti*, *c*, Fig. 199). Jene spalten sich zu wiederholten Malen gabelig. Die Theilungen der Rindencanälchen lassen sich am Anfange ihres Verlaufes mit Leichtigkeit, bei ihrem späteren Fortgange dagegen schwerer nachweisen. Die Querschnittsgrösse der Harncanälchen wechselt nicht bloss mit der Individualität der Nieren, sondern auch mit den physiologischen Nebenverhältnissen.

Fig. 199.



Nierengefässe.

§. 935. Die starke, beinahe rechtwinkelig aus der Aorta abgehende Nierenschlagader, statt deren auch häufig mehrere Arterien vorkommen, theilt sich in dem Inneren einer jeden Niere in immer feinere Aeste, die zwischen den gestreckten Harncanälchen der Markmasse hingehen. Die dünnen, in die Rinde übergetretenen Zweige (*b*, Fig. 199) bilden eigenthümliche Gefässknäuel, die Malpighi'schen Körperchen (*a*, Fig. 199). Jede kleine Schlagader spaltet sich nämlich in den Menschen und den Säugethieren in eine Reihe von Aesten, die sich mannigfach schlängeln und endlich zu einem neuen Arterienstamme zusammenfliessen. Der Querschnitt der zuführenden Schlagader (*Vas afferens*) pflegt eben so gross oder etwas grösser als der der abführenden (*Vas efferens*) auszufallen. Die letztere erzeugt später das Haargefässsystem der Nieren. Die aus ihm entspringenden Blutadern verbin-

den sich zu dem Stamme der Nierenvene (*h*, Fig. 202, S. 294), die ihr Blut in die untere Hohlvene (*g*, Fig. 202) leitet.

§. 936. Die Nieren des Menschen und der Säugethiere verhalten sich auf diese Weise wie die übrigen Drüsen. Sie empfangen hochrothes Blut und geben dunkelrothes ab. Die Blutgefässverbreitung der niederen Wirbelthiere erinnert dagegen an die Verhältnisse des Pfortaderkreislaufes der Leber (§. 570). Wenn *cd*, Fig. 200, die Froschnieren darstellt, so hat man ein System zuführender Venen (*Venae afferentes*, *ggl*), die ihr Blut aus den Venen der Hinterbeine, der Bauchdecken, der Wirbelsäure und der Geschlechtswerkzeuge (*hik*) erhalten und es in die Nieren überführen und eine Reihe ableitender, Blutgefässe (*Venae efferentes*, *ef*), die ihren Inhalt in die untere Hohlvene (*b*) ergiessen. Da nun noch Nierenschlagadern aus der Aorta (*a*) kommen, so wird hier der Harn aus einer Mischung arteriellen und venösen Blutes abgeschieden.

Fig. 200

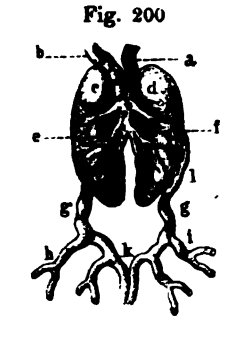
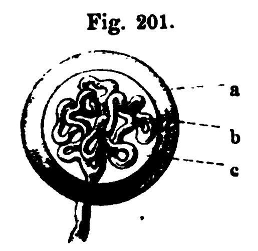


Fig. 201.



Gefässknäuel.

§. 937. Eine besondere Hülle, die Müller'sche Kapsel (*a*, Fig. 201), umgiebt einen jeden Malpighi'schen Gefässknäuel (*b*). Die Untersuchungen von Bowmann wiesen zuerst nach, dass jene Kapsel (Taf. V. Fig. LXVI. *bcd*) nichts weiter als ein Theil eines Harncanälchens (*e*) ist. Sie bildet eine blinde Endanschwellung desselben in den meisten Präparaten. Es kommt aber auch vor, dass sich ein Harncanälchen mitten in seinem Verlaufe erweitert, um einen Gefässknäuel aufzunehmen.

§. 938. Die Innenfläche der Kapsel flimmert in den Nieren der Reptilien und vieler Fische. Man pflegt dieses in der Nachbarschaft der Uebergangsstelle in das Harncanälchen am deutlichsten wahrzunehmen. Die Malpighi'schen Körperchen, *a* Fig. 199, lassen nur einen Zwischenraum *c* zur Aufnahme der Absonderungsflüssigkeit übrig.

§. 939. Diese eigenthümliche Gefässbildung findet sich nur in den Nieren aller Wirbelthiere und den ihnen in frühester Entwickelungszeit entsprechenden Primordialnieren oder Wolff'schen Körpern des Embryo des Menschen, der Säugethiere, der Vögel und der beschuppten Reptilien. Die Anordnung der Blutgefässe entspricht in dem Menschen und den Säugethieren der eines arteriellen bipolaren Wundernetzes oder einer Gefässcombination, in der sich eine Arterie in eine Reihe von Gefässen auflöst, die selbst wieder zu einem oder mehreren Schlagaderstämmen zusammentreten.

Theorie der Harnabsonderung.

§. 940. Die Theorie der Harnabsonderung kann die noch gänzlich unbekannten Einflüsse der Porosität der Wände der Nierengefässe und der Harncanälchen nicht gehörig berücksichtigen. Man weiss eben so wenig, welche Bedeutung die Epithelial- oder die Drüsenzellen der letzteren be-

sitzen. Da sie aber nicht selten in Nierenleiden fortgeschwemmt werden, ohne dass deshalb wesentlich geringere Wassermengen in dem Harne austreten, so folgt, dass wenigstens der reichliche Wassergehalt des Urines von ihnen nicht abhängt.

§. 941. Versuchen wir es, eine nothwendiger Weise lückenhafte Vorstellung der Mechanik der Harnabsonderung zu geben, so müssen wir vor Allem den Druck und die Geschwindigkeit des Blutes im Auge behalten.

Die zahlreichen Windungen werden den Seitendruck des Blutes in und vor den Gefässknäueln, *b*, Fig. 201 (Taf. VI. Fig. LXXXIX.), herabsetzen. Da aber der Gesammtquerschnitt des Strombettes zunimmt, so muss die Geschwindigkeit des Blutes in den Malpighi'schen Körperchen um so stärker sinken (§. 466). Der grössere Seitendruck und die geringere Schnelligkeit werden eine reichlichere Menge einer dichteren Lösung in die Hohlräume *c* der Kapseln *a*, Fig. 201, übertreten lassen, wenn nicht unbekannte Eigenthümlichkeiten der Porositätsverhältnisse ändernd eingreifen. Die Kapseln empfangen daher eine concentrirte Mischung. Eine verdünntere Blutmasse strömt nach den Haargefässen weiter fort.

§. 942. Träten später die beiden Flüssigkeiten unter den gleichen Verhältnissen in Wechselwirkung, so würde die Compensation den früheren Einfluss der Malpighi'schen Körperchen vernichten. Es lässt sich von vornherein erwarten, dass dieses nicht der Fall ist. Man findet in der That Momente, die Abweichungen herbeiführen können.

Der Druck, der das Blut jenseits der Gefässknäuel weiter treibt, ist zwar an und für sich geringer, weil die grösseren Widerstände der gewundenen Röhren eine gewisse Menge von Druckhöhe verzehrt haben (§. 465). Da aber die ausführenden Gefässe der Malpighi'schen Körper einen beträchtlich geringeren Querschnitt und die Nierenblutadern grosse Durchmesser darbieten, so wird dessen ungeachtet das Blut in den Nierencapillaren verhältnissmässig rasch strömen. Ist es unter dem Einflusse der Malpighi'schen Gefässknäuel wässeriger geworden, so besitzt es wahrscheinlich auch deshalb geringere Adhäsions- und Reibungscoëfficienten, durch welche die Schnelligkeit gewinnen kann (§. 460).

§. 943. Denken wir uns, dass die Blutmasse an den cylindrischen Harncanälchen schneller vorüberströmt, so wird die in ihnen enthaltene Flüssigkeit verhältnissmässig mehr Wasser und Salze anziehen (§. 356). Der Urin gewinnt hierdurch zwei seiner charakteristischsten Eigenthümlichkeiten. Alle Momente, die den Abfluss des Nierenblutes erschweren, vermehren daher die Dichtigkeit des Harnes.

§. 944. Es wäre möglich, dass Stoffe, die ein grösseres Aequivalent von Wasser und Salzen später anziehen, von vornherein in die Kapseln der Malpighi'schen Körper übertreten oder später gebildet würden. Man hat aber für jetzt keine Anhaltspunkte, um die Wahrscheinlichkeit oder Unwahrscheinlichkeit dieser Hypothese näher zu prüfen. Die Flimmerbewegung, welche den Abfluss der ausgeschiedenen Lösung nach den Harncanälchen befördert, erhöht hierdurch die Leistungsfähigkeit der Gefässknäuel.

Seitendruck und Absonderungsgeschwindigkeit.

§. 945. Ludwig und Goll[25]) glaubten die Wirkungen des Blutdruckes experimentell verfolgen zu können. Sie fingen den Harn von Hunden aus Harnleiterfisteln nach reichlichem Wassergenusse eine halbe Stunde lang auf, liessen den Seitendruck der Schenkelschlagader in der ersten und der letzten Minute am Kymographion (§. 500) aufschreiben und bestimmten den Mitteldruck (§. 507) der erhaltenen Curven. Es zeigte sich, dass die Unterbindung einer grösseren Menge von Körperschlagadern die Absonderungsgeschwindigkeit mit dem Seitendrucke vergrösserte (§. 487), während die anhaltende elektrische Erregung der herumschweifenden Nerven oder Aderlässe beide in der Majorität der Einzelprüfungen herabsetzten. Wurde das entzogene Blut seines Faserstoffes beraubt und von Neuem eingespritzt, so hoben sich meistentheils der Seitendruck und die Absonderungsschnelligkeit. Beide änderten sich aber nicht nach bestimmten Gesetzen in irgend einem Falle. Sie wechselten meist in gleichem, hin und wieder aber selbst im entgegengesetzten Sinne.

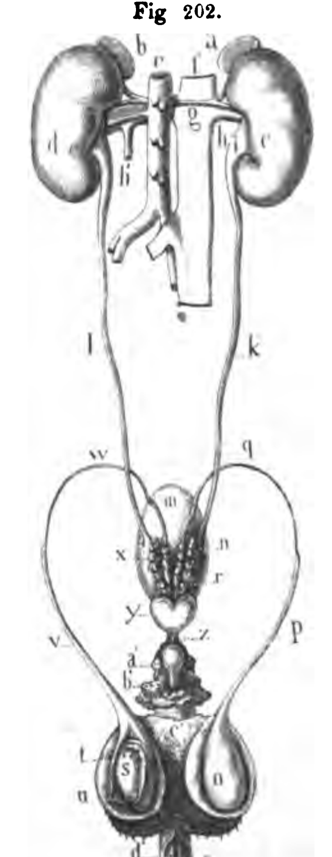
§. 946. Die unbestimmten Ergebnisse dieser Bemühungen lassen sich theoretisch voraussehen. Der Mitteldruck bildet schon an und für sich eine ziemlich willkürliche Grösse (§. 512). Die während zweier Minuten gemessene Druckgrösse kann nicht über die Gesammtresultate der Drucke von 30 Minuten Aufschluss geben. Das in die Schenkelschlagader seitlich eingefügte Manometer misst die Widerstände, die von der Prüfungsstelle bis zum Ende des Körperkreislaufes liegen (§. 498). Die Schwankungen, welche äussere allgemeine Einflüsse erzeugen, könnten auf die Veränderungen in der Nierenschlagader, nicht aber auf die der Gefässknäuel und der Nierencapillaren zurückschliessen lassen, weil die Eigenthümlichkeit der Elasticitätscoëfficienten, die Adhäsions- und die Reibungsbedingungen, die Porosität der Gefässwände modificirend eingreifen. Die Urinmengen endlich, die zu den Harnleitern austreten, entsprechen nicht immer den wahrhaft abgesonderten Quantitäten, weil gewisse Mengen in den dehnbaren Zwischenwegen zurückbleiben oder umgekehrt die Contractilitätserscheinungen die Entleerung steigern können. Dieses erklärt schon, weshalb oft beide Harnleiter ungleiche Mengen für dieselbe Zeiteinheit liefern. Jene Irrthumsquelle muss aber um so nachdrücklicher eingreifen, je kleiner die der Zeiteinheit entsprechenden absoluten Quantitäten ausfallen. Alle diese Gründe lehren, dass die abfliessenden Harnmengen und der Seitendruck in der Schenkelschlagader incommensurable Grössen sind.

§. 947. Die in den Nierenepithelien der Schnecken und der Cephalopoden vorkommenden Harnsäuremassen (§. 830) deuten auf eine Betheiligung der Epithelialzellen bei der Harnbereitung dieser Geschöpfe. Man weiss aber nicht, welche Rolle die Drüsenzellen in den Nieren der Wirbelthiere übernehmen. Hessling[26]) vermuthet, dass die aus den Gefässknäueln hervortretende Mischung ihr Eiweiss durch Neubildungen verliert, hierdurch verhältnissmässig wässeriger wird und später die älteren Arbeitsproducte der Drüsenzellen aufnimmt.

Man kann nicht annehmen, dass das etwa von den Gefässknäueln abgeschiedene Eiweiss für die Bildung von Kernen und Zellen, die immer eine gewisse Zeit fordert, verbraucht wird. Es liesse sich nach dieser Hypothese erwarten, dass die Zunahme der Absonderungsgeschwindigkeit ein

Wachsthum der Dichtigkeit zur Folge hätte. Die Erfahrung lehrt aber das Gegentheil. Der Gedanke, dass sich das Eiweiss in den Nieren umsetze, stösst auf die Schwierigkeit, dass alle genau verfolgbaren stickstoffreichen Verbindungen des Harnes im Blute vorgebildet sind. Die Hypothese, dass das in die Kapseln ausgeschiedene Eiweiss später in den Harncanälchen in das Blut zurücktritt und ein verhältnissmässig grösseres Aequivalent Wasser statt seiner endosmotisch ausgeschieden wird (§. 343), hat ebenfalls die Erfahrung gegen sich. Jeder eiweissreiche Harn müsste dann zugleich dichter sein. Er kann aber, nach Becquerel, viel Wasser enthalten, wenn heftiger Durst grössere Wassermengen eingeführt hat. Bedenkt man nun, dass eine durch eine Schleimhaut vom Wasser abgesperrte Flüssigkeit in der ersten Zeit nur vorzugsweise Salze und kein Eiweiss durchtreten lässt (§. 356), so scheint es das Meiste für sich zu haben, dass gar kein Eiweiss unter den gewöhnlichen Verhältnissen in die Kapseln ausschwitzt. Ein grösserer Seitendruck, eine geringere Blutgeschwindigkeit oder eine wässerigere Beschaffenheit des Blutes wird aber die Ausscheidung desselben begünstigen. Wir werden sehen, dass die Erfahrung diese Vorstellung zu unterstützen scheint.

Fig 202.



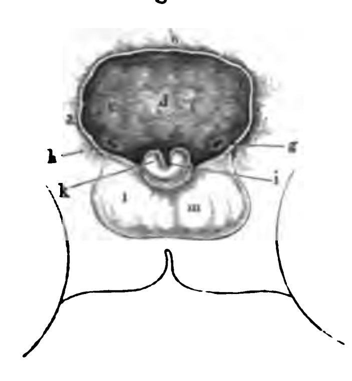
Vorfall der umgestülpten Harnblase.

§. 948. Der in den Kapseln der Gefässknäuel abgesetzte Urin rückt in den gewundenen und den gestreckten Harncanälchen (*f* u. *e*, Fig. 198, *c* u. *d*, Fig. 199) fort und tritt endlich zu den zahlreichen an den Nierenwarzen (*d*, Fig. 198) befindlichen punktförmigen Oeffnungen heraus. Die Flüssigkeit gelangt dann in die Nierenkelche (*cc*, Fig. 198), das Nierenbecken (*b*, Fig. 198, *i*, Fig. 202) und den Harnleiter (*Ureter*, *a*, Fig. 198, *k* und *l*, Fig. 202), der den Urin in die Harnblase (*m*, Fig. 198) treibt. Er sammelt sich hier zu grösseren Massen und wird dabei dichter und schleimiger. Die selbständigen Zusammenziehungen der Harnblase (*m*) drücken ihn später durch die Harnröhre, die ihn aus dem Körper entfernt.

§. 949. Eine eigenthümliche, angeborene Missbildung, der Vorfall der umgestülpten Harnblase (*Prolapsus vesicae urinariae inversae*), Fig. 203, liefert oft die Gelegenheit, den Uebergang des Harnes in die Harnblase wahrzunehmen. Die vordere Wand der Harnblase fehlt hier mit den vorliegenden Weichgebilden. Man hat daher in dem unteren Grenzbezirke der Bauchdecken eine von

einer rothen Fläche ausgekleidete Vertiefung *abc*, deren Wandung von der Schleimhaut der seitlichen und hinteren Theile der Harnblase (*def*) gebildet wird. Die schlitzförmigen Oeffnungen der Harnleiter *g* und *h* liegen oft frei zu Tage. Sie sind in Fig. 203 in dem Momente, in dem ein Urintropfen aus ihnen hervordringt, angegeben. Eine Furche *i* läuft als Andeutung der Harnröhre nicht an der unteren, sondern an der oberen Seite des männlichen Gliedes *k* hinab (*Epispadia*). Die Hoden befinden sich häufig nicht im Hodensacke (*lm*), sondern in der Bauchhöhle. Unvollkommenheiten der Schambeinsymphyse begleiten überdies diese nicht im entferntesten lebensgefährliche Missbildung.

Fig. 203.



§. 950. Man kann in solchen Menschen sehen, wie jeder Harnleiter einen Urintropfen von Zeit zu Zeit ausstösst. Die Spalte *g* oder *h* öffnet sich dann. Sie schliesst sich bald darauf, als ob sie ein eigener Schliessmuskel zusammendrückte. Beide Harnleiter arbeiten meistens zu verschiedenen Zeiten und lassen ungleiche Flüssigkeitsmengen hervortreten.

§. 951. Der Versuch, ein Manometer in den Harnleiter eines lebenden Thieres einzubinden, kann zu keinen genügenden Ergebnissen führen, weil die hierbei bemerkten Druckgrössen keine sichere Deutung gestatten. Bildeten die Harncanälchen, die Nierenkelche, das Nierenbecken und der Harnleiter ein fortlaufendes System starrer Röhren, so müsste die Hebung der Manometersäule den Druck, den der Uebertritt des Harnes in die Harncanälchen erzeugt, angeben. Die Absonderung würde aufhören, wenn der doppelte Druck der gehobenen Quecksilbersäule (§. 494) dem Absonderungsdrucke gleich käme. Die Elasticität jener Theile und die zu unbestimmten Zeiten und mit wechselnder Stärke eingreifenden Verkürzungserscheinungen des Harnleiters und wahrscheinlich des Nierenbeckens stören hier jede Berechnung. Die Quecksilbersäule des Manometers wirkt wie ein Widerstand, welcher der Absonderung entgegentritt und ihre Geschwindigkeit allmälig sinken lässt. Wenn Ludwig und Loebell beständigere Druckgrössen von 7 bis 10 Mm. und seltnere augenblickliche Hebungen von 100 Mm. im Hunde erhielten, so darf man mit Wahrscheinlichkeit annehmen, dass die letzteren nur von ausserordentlich kraftvollen Zusammenziehungen der Harnleiter herrührten (§. 957). Die niederen Druckwerthe lassen auf den Druck, der bei offenen Harnwegen in den Harncanälchen stattfindet, nicht zurückschliessen.

Druck im Harnleiter.

§. 952. Die Zusammenziehung des Schliessmuskels der Harnblase (*Sphincter vesicae*) versperrt den Ausgang der Harnblase (bei *y*, Fig. 202) unter den gewöhnlichen Verhältnissen. Die aus den Harnleitern herabkommenden Urintropfen sammeln sich daher zu immer grösseren Mengen, welche die Blase ausdehnen. Ihr Scheitel (*m*) kann bis über die Nabel-

Blasenschluss.

gegend bei hartnäckiger Harnverhaltung emporsteigen. Die anhaltende Thätigkeit der schliessenden Muskelmassen führt sogar bisweilen zur Zerreissung der übermässig gedehnten Harnblase. Es kommt nur selten vor, dass ein anderer glücklicherer Ausweg hergestellt wird. Ein Canal, der Harnstrang (*Urachus*), geht im Embryo vor dem Blasenscheitel nach dem Nabel hin (*d*, Fig. 129, S. 176). Er schliesst sich nach der Geburt. Sein bandförmiger Rest bleibt das ganze Leben hindurch zurück. Er öffnet sich in manchen Fällen unter der starken Spannung der ausgedehnten Harnblase, so dass der Urin zum Nabel ausfliesst. Die Lähmung des Schliessmuskels hindert jede grössere Ansammlung von Flüssigkeit im Innern der Harnblase.

Verkürzung der Harnröhre.

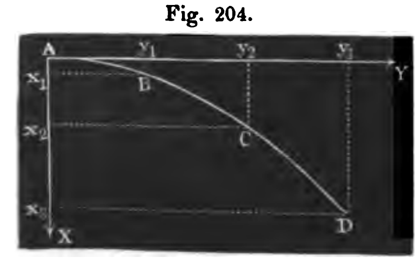
§. 953. Würde die Ausgangsöffnung der Harnblase von Anfang an vollständig frei gegeben, so müsste die blosse elastische Reaction der Blasenwände (§. 475) einen grossen Theil des Urins zur Harnröhre (*z d' g*, Fig. 202) austreiben. Dieser Fall kommt aber wahrscheinlich in der Wirklichkeit nicht vor, weil die Druckwirkungen anderer Muskelmassen der Erschlaffung des Schliessmuskels vorangehen. Die in den verschiedensten Richtungen verlaufenden Muskelfasern der Harnblase (*Detrusor urinae*, *Constrictor vesicae*) suchen sie in allen ihren Durchmessern zu verengern. Sie ziehen zugleich den erschlafften Sphincter, nach Kohlrausch, seitlich aus einander und erweitern auf diese Art die Ausgangsöffnung. Die Bauchpresse (§. 177) kann bei grösseren Widerständen oder als Beschleunigungsmittel zu Hülfe kommen. Diese Druckwirkungen treiben den Harn durch die Harnröhre wie durch die Canüle einer Spritze heraus.

Schluss der Harnleiter.

§. 954. Die Harnleiter müssen Flüssigkeit während der Ruhezeit in die Blase drängen, ohne dass ein Theil des Urines in ihre Hohlräume zurückweicht. Die Drucke, welche die Harnentleerung erzeugen, dürfen keinen Harn in die Harnleiter treiben. Die Einsenkungsart der Ureteren in die Harnblase (*n*, Fig. 202) sichert hier vor allen nachtheiligen Nebenwirkungen. Sind die Harnleiter in die Blasenwand gedrungen, so verlaufen sie noch eine Strecke zwischen den Muskelfasern derselben, ehe sie sich an der Innenseite öffnen. Dehnt sich die Blase aus, so wird dieser Abschnitt der Harnleiter mit einer Druckkraft, die der des Blaseninhaltes entspricht, geschlossen. Der Druck, den die Verkürzung der Harnleiter liefert, muss aber von Zeit zu Zeit grösser ausfallen, wenn neue Flüssigkeit überhaupt eingetrieben wird. Zieht sich dagegen die Blase bei der Urinentleerung zusammen, so wirkt noch der Verkürzungsdruck der benachbarten Muskelfasern auf die in den Blasenwänden verlaufenden Harnleiterstücke. Liefert die Zusammenziehung der Ureteren kleinere Druckgrössen, so ist der Rücktritt in ihre Hohlräume für alle Fälle gesichert.

Harnstrahl.

Fig. 204.



§. 955. Lässt man den Luftwiderstand unbeachtet, so wird der Harnstrahl *ABCD*, Fig. 204, eine Parabel beschreiben, wenn er ursprünglich horizontal und mit gleichförmiger Geschwindigkeit hervortritt. Die Triebkraft würde ihm die gleich langen Wege Ay_1, $y_1 y_2$, $y_2 y_3$ in denselben

Zeiteinheiten durchlaufen lassen. Die beschleunigende Schwerkraft sucht ihn durch die den Quadraten der Zeiten entsprechenden und daher fortwährend wachsenden Fallräume $A x_1$, $x_1 x_2$, $x_2 x_3$ zu führen. Denkt man sich diese beiden Grössen als die Seiten unendlich vieler successiver elementarer Kräfteparallelogramme, so erhält man die parabolische Curve $ABCD$. Sie gleicht der Trajectorie eines geworfenen Körpers, der von seiner grössten Wurfhöhe zum Boden zurückkehrt.

Nehmen wir die Abscissen x der Curve $ABCD$ auf AX und die Ordinaten y auf AY, und bezeichnen die auf die Zeiteinheit bezogene Geschwindigkeit mit c, die Zahl der seit dem Anfange des Austrittes des Urines verflossenen Zeiteinheiten mit t und die Beschleunigung der Schwere mit g (§. 458), so haben wir $x = \frac{g}{2} t^2$ und $y = ct$, folglich $y^2 = \frac{2c^2}{g} x = 2px$, oder die Gleichung einer Parabel, deren halber Parameter p ist. Da y mit der Geschwindigkeit wächst, so vergrössert sich auch der Bogen des austretenden Harnstrahles mit der Schnelligkeit, die mit dem Drucke oder, abgesehen von den Adhäsions- und den Reibungswiderständen, mit der Verschmälerung des Durchflussrohres bei gleichem Drucke zunimmt (§. 466). Der oft grosse Bogen des Harnstrahles der Säuglinge und die beträchtlichere Excursionsweite des Urines des Mannes im Vergleich zu der Frau lassen sich aus diesem Gesichtspunkte erklären.

§. 956. Läuft der Harn in einer Richtung, die den Winkel α mit der Senkrechten bildet, ursprünglich aus, so hat man $x = \frac{g}{2} t^2 + ct \cos. \alpha$ und $y = ct \sin. \alpha$, wenn man die Zerlegung nach dem Kräfteparallelogramm vornimmt. Da $y = 0$ und $x = \frac{g}{2} t^2 + ct$ wird, wenn $\alpha = 0$ ist, so geht der senkrecht ausstrahlende Harnstrahl mit dem Maximum der möglichen Geschwindigkeit weiter.

§. 957. Kann man annähernd voraussetzen, dass der Urin einen parabolischen Strahl bildet, so reicht die Bestimmung der Abscisse x und der Ordinate c, der Zeit t, die von dem ersten Augenblicke des Austrittes des Strahles bis zur Berührung des Bodens verflossen ist, und des Querschnittes q der Harnröhrenöffnung hin, um die Ausflussgeschwindigkeit c und die Ausflussmenge m zu berechnen. Die für die Parabel gültige Rectificationsgleichung giebt den Werth $s = \frac{p}{2} \log. \left[\frac{y + (p^2 + y^2)^{1/2}}{p}\right]$, wenn man den Scheitel als Anfangspunkt nimmt. Man hat daher $c = \frac{s}{t}$ und $m = qct = qs$.

Wurde die Ausflussmenge unmittelbar gemessen, so liefert $c = \frac{m}{qt}$ die mittlere Geschwindigkeit und $h = \frac{c^2}{2g}$ die mittlere Geschwindigkeitshöhe in Druckhöhen des ausfliessenden Harnes.

Da die letzten Urinmassen in keinem continuirlichen Strahle abfliessen, so verfährt man für die Bestimmung dieser Grössen am zweckmässigsten, wenn man die Harnentleerung vor ihrem Ende unterbricht. 428,7 C. C.

traten dann z. B. aus meiner sehr gefüllten Harnblase in 35 Secunden. Die gleichzeitige Grösse der Ausflussmündung der Harnröhre betrug ungefähr 4 Quadratmillimeter. Man hat also eine mittlere Secundengeschwindigkeit von 3,06 Meter.

Die Eigenschwere des auf 30°,5 C. abgekühlten Urines war 1,015. Lässt man die Einflüsse, welche die Temperaturabnahme auf das specifische Gewicht ausübte, unberücksichtigt, so erhält 489 Mm. Harn oder 36,5 Mm. Quecksilber als Druckhöhe.

Allgemeine Beschaffenheit des Harnes.

§. 958. Der Harn des Menschen und der Säugethiere bildet eine wasserreiche Lösung eigenthümlicher organischer Verbindungen und unorganischer Salze. Harnstoff ($C_2 H_4 N_2 O_2$), Harnsäure ($C_{10} H_2 N_4 O_4 . 2 HO$), Hippursäure ($C_{18} H_8 N O_5 . HO$) und Kreatin ($C_8 H_9 N_3 O_4 + 2 HO$) sind seine wichtigsten organischen Bestandtheile, die der Stoffwechsel unseres eigenen Körpers erzeugen kann. Ein noch nicht hinreichend untersuchter Farbestoff bedingt zum Theil die Färbung des Urines. Kleesaure, kohlensaure, schwefel- und phosphorsaure Salze, Chlor-, Schwefel- und Phosphormetalle, Kieselsäure, Eisen und Mangan können in der Asche des Urinrückstandes gefunden werden. Der frische Harn giebt Kohlensäure an die Atmosphäre ab (§. 64). Schleim und Epithelialzellen bilden häufig die Gemengtheile desselben.

§. 959. Die mannigfachsten Stoffe der Nahrungsmittel können in dem Harne ausgeführt werden. Zucker, Buttersäure, Fette, Eiweiss, ungewöhnliche Farbestoffe (Harnroth, Harnblau) finden sich unter regelwidrigen Verhältnissen. Blut, Eiter, Same, Bruchstücke der verschiedensten Gewebe und Concremente sind nicht selten beigemischt.

Harnsedimente.

§. 960. Die mikroskopische Untersuchung wird die Natur dieser Beimengungskörper in allen irgend günstigen Fällen bestimmen lassen. Sie giebt aber auch über einzelne gelöste Verbindungen Aufschluss, wenn man diese krystallisirt erhalten kann oder andere charakteristische Merkmale nachzuweisen vermag. Die Untersuchung der Niederschläge oder der Sedimente, die der Harn bei dem Stehen bildet, oder eine ziemlich einfache Vorbereitung führt hier häufig zum Ziele.

Krystallformen der Niederschläge.

§. 961. Taf. VII. enthält eine Reihe von Abbildungen der hier in Betracht kommenden Krystallformen, wie sie sich unter dem Mikroskope darstellen. Taf. VII. Fig. XCIX. bis CI. giebt mehrere eigenthümliche Gestalten der Harnsäure ($C_{10} H_2 N_4 O_4 . 2 HO$). Sie besitzen oft rhombische Gestalten, erscheinen aber auch nicht selten abgerundet und wetzsteinförmig. Man findet sie rein oder mit Farbestoff gemengt in den von selbst entstehenden rothen oder ziegelmehlartigen Niederschlägen (*Sedimentum lateritium*) des Fieberurines. Dampft man den Harn der Gesunden ein und versetzt ihn mit Salzsäure, so kommen die Harnsäurekrystalle ebenfalls zum Vorschein.

Taf. VII. Fig. CII. zeigt die Krystalle des doppelt harnsauren Ammoniaks ($NH_4 O . HO . C_{10} N_2 H_4 O_4$), wie sie sich in dem faulenden Menschenharn niederschlagen, wenn die Selbstzersetzung den Harnstoff ($C_2 H_4 N_2 O_2$) in kohlensaures Ammoniak ($2 C O_2 + 2 N H_3$) übergeführt hat [$C_2 H_4 N_2 O_2 + 2 HO = 2 C O_2 + 2 NH_3$]. Das in manchen anderen Fällen in Betracht kommende harnsaure Natron ist Fig. CIII. abgebildet.

Tafel VII. Figur CIV. zeigt die Krystallform der Hippursäure ($C_{18}H_8NO_5$. HO). Man kocht den Harn mit Kalkmilch, neutralisirt die Flüssigkeit mit Salzsäure, dampft sie ein und setzt neue Salzsäure hinzu. Der Rückstand enthält dann Hippursäure in der Form von rhombischen Prismen.

Taf. VII. Fig. CV. giebt den reinen Harnstoff ($C_2H_4N_2O_2$), Fig. CVI., den kleesauren ($C_2H_4N_2O_2 . HO . C_2O_3 + 2HO$) u. Fig. CXVII. den salpetersauren ($C_2H_4N_2O_2 . HO . NO_5$). Hat man den Harnrückstand mit Kleesäure oder Salpetersäure versetzt, so schlagen sich die entsprechenden Salze zu einem grossen Theile krystallinisch nieder. Man reinigt sie durch Umkrystallisiren und die Behandlung mit Kohle. Die Zerlegung des salpetersauren Harnstoffes durch kohlensauren Baryt und das Ausziehen mit Weingeist liefert den reinen Harnstoff.

Taf. VII. Fig. CVIII. sind Krystalle von Kreatin u. Fig. CIX. solche von Kreatinin. Hat man die Phosphorsäure des Menschenharnes durch Chlorcalcium und Kalk entfernt, das Ganze eingedampft und eine Lösung von Chlorzink zugesetzt, so bildet sich ein Niederschlag von Chlorzink-Kreatinin (Fig. CX.), den man früher für milchsaures Zinkoxyd zu halten pflegte. Kocht man diesen mit Bleioxyd, so hinterlässt die eingedampfte Lösung eine Mischung von Kreatin und Kreatinin. Siedender Weingeist nimmt das Kreatinin hinweg.

Geht der Harnstoff in kohlensaures Ammoniak in Folge der Fäulniss über (§. 220), so bilden sich häufig Krystalle von phosphorsaurer Ammoniak-Magnesia oder Tripelphosphat [($NH_3 . HO + 2MgO$) $PO_5 + 12HO$], die sich schwer in Wasser und in verdünntem Ammoniak gar nicht lösen. Taf. VII. Fig. CXI. zeigt die Hauptformen der mikroskopischen Krystalle, die eine Probe von Menschenharn geliefert hatte.

Taf. VII. Fig. CXII. giebt Krystalle von Kochsalz (NaCl) und Fig. CXIII. solche von kleesaurem Kalk. Fig. CXIV. stellt die Körnchen des kohlensauren Kalkes dar.

§. 962. Enthält der Harn Zucker, so können Gährungspilze (Taf. II. Fig. XIX.) nach dem Zusatze von Fermenten auftreten. Hat man Hefe gebraucht, so fällt die Möglichkeit eines sicheren Nachweises der Gährung durch das Mikroskop hinweg.

Zucker im Harn.

§. 963. Die Eigenschwere des erkalteten Harnes liegt zwischen 1,004 und 1,050. Die gewöhnlichen Grössen gleichen 1,01 bis 1,03. Das specifische Gewicht s ist der Quotient $\frac{m}{v}$ des absoluten Gewichtes m und des Volumens v. Dieses verkleinert sich aber bei dem Erkalten, so dass dann die Eigenschwere zunimmt. Da fast alle specifischen Gewichtsbestimmungen an dem abgekühlten Urine vorgenommen worden, so müssen die Werthe höher als in dem frischen Harne ausgefallen sein.

Eigenschwere.

Man hat Tabellen entworfen, nach welchen die Eigenschwere die Mengen des festen Rückstandes oder selbst die Quantitäten des Harnstoffes anzeigen sollen. Der quantitative und qualitative Wechsel der zahlreichen Harnbestandtheile wird alle solche Bemühungen scheitern lassen.

§. 964. Die Wassermengen liegen zwischen 92 und 99 %. Sie ändern sich nach Maassgabe des Wassergehaltes der eingenommenen Spei-

Wassergehalt.

sen und Getränke und der in der Perspiration davongehenden Quantitäten von Wasserdampf. Der procentige Wassergehalt des Urines pflegt nach dem Genusse von Getränken (*Urina potus*) grösser als während der Verdauung fester Nahrungsmittel (*Urina chyli*) auszufallen. Der Harn, den man am Morgen nach dem Aufstehen lässt (*Urina sanguinis*), hat meist höhere Dichtigkeitsgrade, wenn nicht grössere Flüssigkeitsmengen kurz vor dem Schlafengehen genossen worden.

Gewichtsanalysen des Harnes.

§. 965. Die Gewichtsanalysen des Urines schliessen bedeutende Fehlerquellen in sich. Die hygroskopische Beschaffenheit des festen Rückstandes erschwert jede genaue quantitative Bestimmung. Die Werthe des Harnstoffes sind fast immer zu klein angegeben, weil man sie nach den Fällungen von kleesaurem oder salpetersaurem Harnstoff berechnete, diese Salze aber nur unvollständig niedergeschlagen worden. Etwas Aehnliches gilt von der Ausfällung der Harnsäure durch Salzsäure. Die Asche enthält beträchtliche Kohlensäuremengen, die sich erst durch die Verbrennung organischer Stoffe erzeugt haben. Das anhaltende Glühen kann Kohlensäure, schwefelige Säure, Chlornatrium austreiben und schwefelsaure und phosphorsaure Salze in Schwefel- und Phosphormetalle verwandeln. Viele ältere und neuere Angaben, die über die Beschaffenheit des Harnes oder die Mengen einzelner Bestandtheile gemacht worden, können daher nicht einmal auf die Bedeutung erster Annäherungen Anspruch machen.

Maassanalysen des Harnes.

§. 966. Man hat in neuerer Zeit mehrfach vorgezogen, Maassanalysen des Harnes anzustellen. Diese Untersuchungsart gewährt den Vortheil einer bedeutend rascheren Arbeit. Manche der bei den Gewichtsanalysen möglichen Fehlerquellen fallen bei jenem Verfahren hinweg. Ist man aber auch der Reinheit und der genauen Titrirung der Bestimmungsflüssigkeiten versichert, so können doch die verschiedenen nebenbei gelösten Körper zu Täuschungen führen, die den Werth der Resultate wesentlich beeinträchtigen.

Titrirung des Kochsalzes und des Harnstoffes.

§. 967. Liebig hat ein Verfahren angegeben, den Kochsalz- und den Harnstoffgehalt des Urines durch solche Maassbestimmungen zu ermitteln. Betrachten wir zunächst den Grundgedanken, auf dem die Methode beruht, so erhält man einfaches Chlorquecksilber, Quecksilberchlorid oder Sublimat (Hg Cl), wenn man eine wässerige Lösung von salpetersaurem Quecksilberoxyd ($2\,HgO\,.\,NO_5 + 2\,HO$) mit einer Auflösung von Kochsalz (Na Cl) vermischt. Ein Aequivalent Kochsalz entspricht dabei einem Aequivalente Quecksilberoxyd. Das salpetersaure Quecksilberoxyd liefert aber in einer neutralen oder alkalischen Harnstofflösung einen weissen gallertigen Niederschlag, der ein Aequivalent Harnstoff auf vier Aequivalente Quecksilber führt. Hat man eine Flüssigkeit, in der Kochsalz und Harnstoff zugleich gelöst sind, so kann eine Lösung von salpetersaurem Quecksilberoxyd, ohne dass sich die Flüssigkeit trübt, zugesetzt werden, wenn sich der lösliche Sublimat erzeugt. Ist alles Kochsalz zerlegt, so tritt der weisse Harnstoff-Quecksilberniederschlag auf, bis aller Harnstoff entfernt worden. Verhielte sich die Sache so einfach, so würde die erste Zusatzmenge einer titrirten Lösung des salpetersauren Quecksilberoxyds von dem Kochsalz- und die zweite von dem Harnstoffgehalte Rechenschaft geben.

Die wechselnden Mengen des Kochsalzes und die übrigen Bestandtheile des Harnes zwingen aber zu einer verwickelteren Untersuchungsweise.

§. 968. Man versetzt ein bekanntes Volumen des Harnes mit einer gemessenen Menge von Barytwasser und salpetersaurem Baryt, um die schwefel- und phosphorsauren Salze und die Harnsäure zu entfernen, und filtrirt das Ganze. Man säuert hierauf ein bekanntes Volumen des Filtrates mit etwas Salpetersäure an und fügt eine titrirte Lösung von salpetersaurem Silberoxyd aus einer Bürette (§. 259) hinzu, so lange noch ein paar besonders geprüfte Tropfen einen Niederschlag geben. Man erfährt auf diese Weise den Kochsalzgehalt. Das Filtrat wird dann mit der in einer Bürette enthaltenen titrirten Lösung von salpetersaurem Quecksilberoxyd versetzt. Ein paar Probetropfen, die mit einer Lösung von kohlensaurem Natron vermischt werden, geben dann immer noch einen weissen Niederschlag, wenn nicht aller Harnstoff niedergeschlagen worden. Ist dieser ausgefällt, so bildet sich ein gelbes Präcipitat. Dieses zeigt an, dass man die Untersuchung beendigt hat und den Harnstoffgehalt aus dem Uringehalte der gebrauchten Flüssigkeit und der angewandten Quecksilberlösung berechnen kann.

§. 969. Manche physiologische Harnstoffbestimmungen, die auf dem Wege der Maassanalysen gewonnen werden, schliessen gewisse Fehlergrössen in sich, weil der Harnstoff nach der Gesammtsumme der verbrauchten Quecksilberlösung berechnet ist. Die Irrung entspricht daher nicht bloss den Beobachtungsfehlern, sondern auch dem Kochsalzgehalte.

Titrirung der Schwefelsäure.

§. 970. Die Schwefelsäure des Harns wird nach dem Verfahren von Gay-Lussac gefunden. Man säuert den Urin mit Salpetersäure an, so dass alle etwa vorhandene Kohlensäure entfernt wird, und vermischt ihn allmälig mit einer titrirten Lösung von Chlorbarium ($Ba\,Cl + 2\,HO$). Geben ein paar Tropfen keine Trübung nach einem neuen Zusatze von Chlorbarium und bleibt das Filtrat bei der Vermischung mit schwefelsaurem Natron ($Na\,O\,S\,O_3$) hell, so schliesst man, dass alles verbrauchte Chlorbarium in schwefelsauren Baryt übergegangen, und berechnet hiernach die Menge der Schwefelsäure.

Titrirung der Phosphorsäure.

§. 971. Man hat die Phosphorsäure des Harnes dadurch zu bestimmen gesucht, dass man ein bekanntes Volumen des sauren oder neutralen Urines mit einer titrirten, eisenchlorürfreien Eisenchloridlösung ($Fe_2\,Cl_3$) versetzte, bis einige Tropfen nach der Vermischung mit Blutlaugensalz ($Fe\,Cy + 2\,K\,Cy + 3\,H\,O$) Berlinerblau ($Fe_2\,Cy_6 + 3\,Fe$) gaben. Die Phosphorsäure wurde nach der Menge des verbrauchten Urines bestimmt. Alkalischer Harn muss vorher angesäuert werden, damit sich nicht phosphorsaure Kalk- und Talkerde niederschlage [27].

Titrirung der freien Säure.

§. 972. Will man die relativen Mengen der freien Säure einer Reihe von Harnproben wechselseitig vergleichen, so kann eine Ammoniakflüssigkeit von bekannter oder immer gleicher Stärke gebraucht werden. Mischt man den Harn mit Lackmustinctur und setzt von der titrirten Ammoniakflüssigkeit aus einer Bürette so lange zu, bis die Röthung der Mischung zu schwinden beginnt, so hat man ein Aequivalent der freien Säure in der verbrauchten Ammoniaklösung.

§. 973. Der Zuckergehalt des Harnes wird mittelst der Fehling'-

schen Lösung nach dem schon §. 259 erläuterten Verfahren geprüft. Diese Maassmethode liefert meist genauere Werthe, als die Ermittelung der erzeugten Kohlensäuremenge bei der Gährungsprobe oder die Gewichtsanalyse durch Behandlung mit Weingeist.

Büretten. §. 974. Man bedient sich gewöhnlich der Fig. 205 abgebildeten Bürettenformen bei diesen Titrirungsmethoden. Die Zerbrechlichkeit des Apparates und der Uebelstand, dass oft ein Tropfen in der feinen Ausgussröhre eingeklemmt bleibt und störend wirkt oder die Flüssigkeit bei zu

Fig. 205.



Fig. 206.



starker Neigung aus dem weiten Arme ausfliesst, hat Mitscherlich und Kersting bewogen, andere einfachere Büretten zu gebrauchen. Eine sehr bequeme Bürette, die zugleich vor Unglücksfällen sichert, stellt Fig. 206 nach Fellenberg dar. Man kann jede vorher ausgemessene (§. 739) graduirte Röhre benutzen. Hat das cylindrische Ausgussrohr *a*, Fig. 206, ungefähr gleich dicke Wände, so braucht man nur ein paar Tropfen vor der ersten Ablesung fortgehen zu lassen, um vor allen merklichen Fehlern bewahrt zu bleiben.

Bestimmung von Zucker u. Eiweiss. §. 975. Die Kreispolarisation kann Zucker und Eiweiss anzeigen (§. 283). Ein Polarisationsapparat, der einen kleinen Kreisbogen besitzt und die Entscheidung nur nach dem Maximum der Helligkeit oder der Dunkelheit gestattet (Fig. 36, S. 76) wird bedeutende Irrungen, selbst für die Bestimmungen des Zuckergehaltes des Harnes möglich machen. Man findet dagegen sehr genaue Zuckerwerthe, wenn man Bogenminuten ablesen und die Verhältnisse nach der Uebergangsfarbe bestimmen kann (Fig. 34, S. 74).

§. 976. Das gewöhnliche Verfahren, das Eiweiss durch reichliche Mengen von Salpetersäure oder durch das Kochen niederzuschlagen, liefert immer unzuverlässige Ergebnisse. Eine Trübung des siedenden Urines kann auch von niedergeschlagenen Erdphosphaten herrühren. Ist der Eiweissgehalt gering, so bleibt oft die Flüssigkeit bei dem Kochen klar. Sind reichliche Mengen von Harnsäure vorhanden, so werden sie durch einen Zusatz von Salpetersäure niedergeschlagen. Hat der Mensch Cubeben oder Copaivabalsam gebraucht, so liefert die Salpetersäure ein gallertiges Präcipitat, das man leicht mit geronnenem Eiweisse verwechselt. Ist der Urin mit Essigsäure stark angesäuert worden, so giebt der Niederschlag, den Eisenkaliumcyanür herbeiführt, die Anwesenheit selbst kleinerer Eiweissmengen an.

§. 977. Die Speisen und die Getränke, die Körperthätigkeiten, die Temperatur und der Wassergehalt der umgebenden Luft (§. 707) ändern die absoluten Mengen des Harnes und seiner einzelnen Bestandtheile mit solchem Nachdrucke, dass selbst die Mittelzahlen ausgedehnterer Beobachtungsreihen einen nur bedingten Werth besitzen. Sollten sie eine scharfe Deutung gestatten, so müsste man sie auf Einheiten der umgesetzten Körpergebilde und Nahrungsstoffe zurückführen können. Da dieses unmöglich ist, so nimmt man die Einheiten der Körpergewichte zur Grundlage. Dieses giebt aber keinen adäquaten Maassstab, weil die gleiche Körpermasse verschiedenartig umsetzbaren Geweben und Speisen entspricht. Die Wahrheit dieses Satzes wird uns am deutlichsten entgegentreten, wenn wir eine Reihe hierher gehörender Angaben übersichtlich zusammenstellen. Es fand sich:

Harnmengen.

Absolutes Körpergewicht in Grm.	Alter in Jahren.	Durchschnittsmenge des Harnes in 24 Stunden		Mittlere Harnmenge für 1 Kilogramm und 1 Stunde		Beobachter.
		in Grm.	in C. C.	in Grm.	in C. C.	
54	34	1447,7	1418,3	1,119	1,093	Ich.
47,5	29	1123	—	0,981	—	Barral.
desgl.	desgl.	1024	—	0,898	—	
58,7	59	1787	—	1,267	—	
61,2 (Frau)	32	1156,4	—	0,783	—	
15	6	520,6	—	1,446	—	
107,74	45	1572,6	1588,7	0,607	0,595	Bischoff.
desgl.	desgl.	1696,5	1662,7	0,656	0 643	
89,69 (Frau)	43	975,5	951,2	0,453	0,441	
65,9 (Mädchen)	18	743,5	723,3	0,470	0,457	
48,46	16	762,5	741,6	0,656	0,638	
16,12	3	236,4 (für 12 Nachtstunden)	232,1	1,222	1,200	
—	$3\frac{1}{2}$ — 7	749—1055	755—1077	1,975	1,947	Scherer.
—	22 — 38	2110-1720	2156-1761	1,229	1,243	

Die hohen Körpergewichte aller Menschen, die Bischoff untersuchte, führten zu kleinen relativen Werthen. Da sich die Knorpel, die Knochen und die Fettmassen bei der Harnbereitung weniger als die Muskeln und viele andere Gewebe betheiligen, so wird ihr Ueberschuss jene Einheitswerthe des Harnes herabdrücken.

Mengen der Hauptbestandtheile.

§. 978. Schlägt man den mittleren Wassergehalt des Harnes zu 96,5 % an, so darf man voraussetzen, dass im Durchschnitt der feste Rückstand 2,8 % bei dem Glühen verliert und 0,7 % Asche hinterlässt. Die mit der Nahrung eingeführten Salze können aber so tief eingreifen, dass der mittlere Aschengehalt auf 1,5 % steigt.

Wasser.

§. 979. Nehmen wir an, dass ich 1,1 Grm. Harn für die Einheiten des Kilogr. und der Stunde durchschnittlich entleerte, so hat man als Mittelzahlen:

	24stündige Menge in Grm.	Menge für 1 Kilogr. Körpergewicht und 1 Stunde in Grm.
Wasser	1375,06	1,061
Organische Stoffe	40,18	0,031
Asche	9,98	0,008

Berücksichtigt man die Schwankungen, welche die §. 977 gegebene Tabelle liefert, so wird ein Erwachsener von 60 Kilogr. Körpergewicht ungefähr $1^1/_2$ Kilogr. Wasser in 24 Stunden in seinem Harne entleeren.

Stickstoffhaltige Verbindungen.

§. 980. Eine der Hauptthätigkeiten der Nieren besteht in der Ausscheidung unbrauchbarer Stickstoffmengen. Der Harnstoff ($C_2\,H_4\,N_2\,O_2$), die Harnsäure ($C_{10}\,H_2\,N_4\,O_4\,.\,2\,HO$), die Hippursäure ($C_{18}\,H_8\,NO_5\,.\,HO$) und des Kreatin ($C_8\,H_9\,N_3\,O_4 + 2\,HO$) und das Gemenge unbekannter Verbindungen, das man als Extractivstoffe anführt, enthalten nicht unbedeutende Stickstoffquantitäten. Der meiste Stickstoff wird aber in dem Harnstoff entleert. Er führt an und für sich mehr Stickstoff, als irgend eine bekannte organische Verbindung. Seine theoretische Formel fordert 46,47 %, während die der Harnsäure 33,33 %, der Hippursäure 7,91 % und des Kreatins 32,70 % giebt. Die Quantität von Harnstoff, die eine auf die Zeiteinheit bezogene Urinmenge liefert, ist gewöhnlich grösser als die Summe der übrigen stickstoffhaltigen Verbindungen.

Harnstoff.

§. 981. Die mit Salpetersäure ausgeführten Bestimmungen müssen zu kleine Werthe des Harnstoffes liefern (§. 965). Die Maassanalysen, über deren Fehlergrössen erst die Zukunft entscheiden kann, geben relativ höhere Werthe. Wenn übrigens manche ältere Analysen beträchtliche Harnstoffmengen dessenungeachtet darboten, so rührt dieses wahrscheinlich davon her, dass der salpetersaure Harnstoff ($C_2\,H_4\,N_2\,O_2\,.\,HO\,.\,NO_5$) nicht vollkommen gereinigt abgewogen wurde.

§. 982. Stellen wir die Werthe, die Bischoff [25]) mittelst der Titrirungsmethode an den schon §. 977 erwähnten Personen gewonnen hat, übersichtlich zusammen, so bekommen wir:

Individuum.	Mittlere Werthe des Harnstoffes		
	in Procenten des Harns.	Gesammtsumme in 24 Stunden in Grm.	für 1 Kilogr. Körpergewicht und 1 Stunde in Grm.
45jähriger Mann	2,53	35,10	0,014
desgl.	2,07	37,70	0,015
43jährige Frau	2,67	25,32	0,018
18jähriges Mädchen	2,83	20,19	0,013
16jähriger Knabe	2,70	19,86	0,017
3jähriger Knabe	1,99	4,27 (für 12 Nachtstunden).	0,022

Man sieht hieraus, dass der Nachturin des Kindes verhältnissmässig mehr Harnstoff enthielt. Man hat die Parallele dieses Verhältnisses in der Kohlensäureausscheidung der Perspiration, die auch in relativ reichlicher Menge in jüngeren Jahren eingreift. Das Kind liefert deshalb, nach Scherer, 0,034 Grm. und der Erwachsene 0,017 Grm. als Durchschnittsgrössen der Kilogramm- und der Stundeneinheiten.

Der höchste und der niederste Procentwerth des Harnstoffes kann zu 1,1 bis 3,6 % für die gewöhnliche Lebensweise gesunder Menschen angeschlagen werden.

§. 983. Der Genuss von stickstoffreichen Nahrungsmitteln, wie des Fleisches und selbst des nicht nahrhaften Leimes (§. 119), Körperbewegungen und alle den Umsatz der Gewebe befördernden Thätigkeiten vergrössern die absolute Menge des in einer Zeiteinheit ausgeschiedenen Harnstoffes. Sie sinkt dagegen nach dem ausschliesslichen Genusse stickstoffloser Speisen. Kaffee soll sie ebenfalls herabsetzen. Sie kann sich in den ersten Perioden des anhaltenden Hungers auf einer mässigen Höhe erhalten. Sie nimmt aber in den späteren Zeiten der Inanition immer ab.

Ammoniakbildung.

§. 984. Wird der gelassene Harn in reinen Gefässen aufbewahrt, so dauert es ziemlich lange, bis der Harnstoff in kohlensaures Ammoniak übergeht. Diese Zersetzung greift bei der Anwesenheit eines Gährungserregers rascher durch. Hat man auch die frei liegende Schleimhautfläche der Harnblase eines an *Prolapsus vesicae urinariae inversae* (§. 949) leidenden Menschen sorgfältig gereinigt, so dauert es kaum eine Stunde, dass die hier zurückbleibenden Reste des zu den Harnleitermündungen austretenden Urines ammoniakalisch werden. Der Blasenschleim leitet wahrscheinlich die alkalische Gährung schnell ein. Frauen, die Blasenscheidenfisteln nach schweren Geburten zurückbehalten haben, und Kranke mit Lähmung des Blasenschliessers (§. 953) bieten ähnliche Erscheinungen dar. Die Annahme, dass ein ammoniakalischer Harn von vornherein geliefert worden, ist in allen diesen Fällen nicht begründet.

Harnsäure.

§. 985. Der frische Urin enthält $^1/_{10}$ % Harnsäure ($C_{10} H_2 N_4 O_4 . 2 HO$) oder noch weniger. Da die Ausfällung mit Salzsäure, deren man sich in den quantitativen Untersuchungen zu bedienen pflegt, weniger, als in der Wirklichkeit vorhanden ist, anzeigt und die bald zu erwähnende

saure Gährung des Harnes wesentliche hier in Betracht kommende Veränderungen einleiten kann, so sind alle Zahlenwerthe des Harnsäuregehaltes mit nicht unbedeutenden Fehlergrössen versehen. Der Wechsel der Nahrung scheint die einer Zeiteinheit entsprechenden Harnsäuremenge weniger als die Quantität des Harnstoffes zu ändern. Verdauungsstörungen, ein unruhiger Schlaf, Gemüthsbewegungen und das, was man Fieber nennt, erhöhen die Quantitäten von Harnsäure, die man aus einer Urineinheit durch Salzsäure darstellt.

Harnsäure-Sedimente.

§. 986. Der stehende Harn verfällt häufig in eine eigenthümliche Art von saurer Gährung, bei der sich harnsäurereiche Sedimente erzeugen. Man sieht gewöhnlich den beigemengten Blasenschleim als den Gährungserreger an. Der reichliche Bodensatz des Fieberharns gehört ebenfalls hierher. Die Harnsäure ist grösstentheils mit Natron verbunden und mit anderen, noch nicht näher bestimmten organischen Stoffen gemengt. Das harnsaure Natron ($Na . HO . C_{10} H_2 N_4 O_4$), das sich erst in 800 Theilen kalten Wassers löst, bildet dann in der Regel keine Krystalle (Taf. VII. Fig. CIII.), sondern erscheint in Körnchen, die vereinzelt oder zusammengehäuft liegen. Ein Zusatz von Salzsäure scheidet bald viele Harnsäurekrystalle (Taf. VII. Fig. CI.) ab. Der Niederschlag des harnsauren Natron löst sich bei 50 bis 60° C. auf.

Harnsteine.

§. 987. Man kann sich vorstellen, dass krankhafte Verhältnisse einen Gährungserreger liefern, der Harnsäureabsätze in der Blase erzeugt. Die Bildung von Harnsteinen wird unter diesen Verhältnissen wesentlich begünstigt werden.

Harnsaures Ammoniak.

§. 988. Die alkalische Gährung des Harns, dessen Harnstoff in kohlensaures Ammoniak (§. 220) übergeht, erzeugt nur selten harnsaures Ammoniak ($NH_4O . HO . C_{10} H_2 N_4 O_4$), das nicht immer in Krystallen (Taf. VII. Fig. CII.), sondern in Körnchenform auftritt.

Harnsaures Chinin.

§. 989. Kranke, die grosse Gaben von Chinin gebraucht haben, entleeren einen Harn, dessen Bodensatz reichliche Mengen von harnsaurem Chinin führt. Man kann einen guten Theil des verabreichten Chinin aus jenem Sedimente wiedergewinnen. Diese Thatsache führt zu der Vermuthung, dass grosse Gaben von Chinin mittelst der Vermehrung des Umsatzes der Körpergebilde heilend eingreifen.

Absolute Menge der Harnsäure.

§. 990. Eine unvollkommene Wirkung der zugesetzten Mineralsäuren und die unvermeidliche Verunreinigung des Niederschlages lassen alle Werthe, die man für die 24stündigen Harnsäuremengen angegeben hat, zweifelhaft erscheinen. Becquerel erhielt 0,526 Grm. als tägliche Durchschnittsgrössen. Fieberhafte Krankheiten gaben 0,806 bis 1,713 Grm. Nimmt man 1 Kilogr. Körpergewicht und 1 Stunde zur Basis, so lässt sich die durchschnittliche Quantität der Harnsäure zu ungefähr 0,001 Grm. oder etwa dem achtzehnten Theile des Harnstoffes anschlagen, wenn man die gewöhnlichen Analysenfehler unbeachtet lässt.

Hippursäure.

§. 991. Die quantitativen Verhältnisse der Hippursäure ($C_{18} H_8 NO_5 . HO$), die man nicht bloss in dem Urin der Pflanzenfresser, sondern auch in dem des Menschen zu allen Lebensaltern antreffen kann, sind noch nicht genauer verfolgt worden. Sie soll ungefähr in der gleichen Menge wie die Harnsäure vorkommen. Man darf diesen allgemeinen Ausspruch mit

Recht bezweifeln, weil nicht bloss die Einfuhr der Nahrungsmittel, sondern auch die Art des Stoffumsatzes der Körpertheile einen wesentlichen Einfluss auf die Hippursäuremengen ausübt. Ranke giebt in der That an, dass Menschen, die reine gewürzlose Fleischkost drei Tage lang genossen haben, keine Hippursäure im Harne entleerten. Benzoësäure, Zimmetsäure, Bittermandelöl oder Benzoëäther, der eingenommen worden, kehrt als Hippursäure im Harne wieder. Nitrobenzoësäure [$C_{14} H_4 (N O_4) O_3 . H O$] wird in Nitrohippursäure [$C_{18} H_8 (N O_4) N O_6$] verwandelt. Man findet verhältnissmässig grössere Mengen von Hippursäure in dem Fieberharn, in dem Urine von Diabetischen und in dem einzelner Nervenkranken.

§. 992. Kocht man Hippursäure ($C_{18} H_8 N O_5 . H O$) mit verdünnter Schwefelsäure, Salzsäure, Salpetersäure, Kleesäure, Kali oder Natron, so nimmt sie zwei Wasseratome auf und zerlegt sich in Benzoësäure ($C_{14} H_5 O_3 . H O$) und Glycocoll ($C_4 H_5 N O_4$). Die Cholsäure ($C_{52} H_{42} N O_{11} . H O$) geht durch verdünnte Schwefel- oder Salzsäure in Choloidinsäure ($C_{48} H_{39} O_9$) und Glycocoll bei dem Sieden über, indem wiederum zwei Wasseratome hinzutreten. Man hat hieraus auf eine gewisse Beziehung der Hippursäurebildung zur Gallenerzeugung schliessen wollen. Jene Analogie der Zersetzungsproducte reicht nicht hin, diese Ansicht zu begründen, viel weniger klarere Einzelvorstellungen an die Hand zu geben.

Kreatin.

§. 993. Man besitzt noch keine consequent durchgeführte Versuchsreihen über die in dem Harne vorkommenden Mengen von Kreatin ($C_8 H_9 N_3 O_4$). Der Kreatinin-Chlorzinkniederschlag ($C_8 H_7 N_3 O_2 + Zn Cl$) (Taf. VII. Fig. CX.), den der Harn, nachdem er von seiner Phosphorsäure durch Kalk und Chlorcalcium befreit worden, mit einer concentrirten Lösung von Chlorzink giebt, wurde früher häufig als milchsaures Zinkoxyd ($C_{12} H_{10} O_{10} . H O . 2 Zn O + 6 H O$) gedeutet. Man bestimmte hiernach die Mengen von Milchsäure, die der Harn enthalten sollte. Lehmann gab 0,22 % als Durchschnittsgrösse an. Dieses würde $^1/_{20}$ % Kreatin nach den oben erwähnten Aequivalentengleichungen entsprechen. Man muss jedoch berücksichtigen, dass auch wahres milchsaures Zinkoxyd in dem Zinkniederschlage vorkommt.

Stickstofflose Säuren.

§. 994. Die stickstofflosen Säuren, welche in einzelnen Harnproben gefunden werden, wie die Kleesäure ($C_2 O_3$), die Milchsäure ($C_6 H_5 O_5 . HO$), die Carbol- oder Phenylsäure ($C_{12} H_5 O . H O$), die Taurylsäure ($C_{14} H_8 O_2$), die Damalursäure ($C_{14} H_{11} O_3$), sind noch zu wenig untersucht, als dass sich über ihre physiologischen Quantitätsbeziehungen etwas Näheres angeben liesse. Nur die Kleesäure gestattet einige allgemeinere Bemerkungen.

Kleesaurer Kalk.

§. 995. Die kleesaure Kalkerde ($Ca O . C_2 O_3 + 2 H O$) (Taf. VII. Fig. CXIII.) fehlt in der Regel in dem frischen Harn gesunder Menschen. Man findet sie bisweilen, wenn der Urin in saure Gährung übergegangen ist. Ist sie von Anfang an vorhanden, so pflegen auch, nach Beneke, die Erdphosphate vermehrt zu sein. Die Angabe, dass der Genuss des Sauerampfers oder der Rhabarber, die viel kleesaures Kali ($K O . 2 C_2 O_3 + 3HO$) oder kleesauren Kalk enthalten, und der von kohlensäurereichen Getränken grössere Mengen von Kleesäure im Harn erscheinen lässt, bedarf noch eines genaueren quantitativen Nachweises.

Die an und für sich unlösliche kleesaure Kalkerde bildet eine lösliche

Verbindung mit Eiweiss. Sie scheidet sich wahrscheinlich erst nachträglich in der Blase ab. Man kann sich vorstellen, dass unvollkommene Oxydationsprocesse im Körper Kleesäure (C_2O_3) statt Kohlensäure (CO_2) auftreten lassen.

Kohlenhydrate und Fette.

§. 996. Der Harn hat nicht die Bestimmung, irgend bedeutende Mengen von Kohlenhydraten (§. 92) oder von Fetten (§. 103) auszuführen. Der frische Harn soll, nach Liebig, in keinem Falle Milchsäure ($C_{12}H_{10}O_{10}$) enthalten. Zucker ($C_{12}H_{12}O_{12}$. 2HO) kommt, wie wir sehen werden, ausnahmsweise vor.

Was die Fette betrifft, so können einzelne Fetttropfen nur als zufällige mechanische Beimengungen auftreten. Kleine Mengen der fettigen Absonderungen, welche die äusseren Geschlechtswerkzeuge liefern, werden nicht selten mit dem Harne fortgespült. Verbinden sich Zerstörungsprocesse der Harnwerkzeuge mit Ablagerungen von Fetten, so kann der Urin ebenfalls Fetttropfen aus rein mechanischen Ursachen enthalten. Katzen, die mit fettreichem Fleische anhaltend gefüttert werden, führen häufig Fetttropfen in ihrem Harne fort. Die Menge der Fettkörper beträgt aber, nach Lang, nur 0,04 %. Man kann nicht behaupten, dass der eiweissreiche Harn beträchtliche Fettmengen einzuschliessen pflegt. Geringe Mengen von Buttersäure ($C_8H_7O_3$. HO) lassen sich bisweilen aus dem Harnrückstande mit Hülfe der Schwefelsäure nachweisen.

Kiesteïn.

§. 997. Das Kiesteïn sollte angeblich eine eigenthümliche Verbindung darstellen, die sich an der Oberfläche des Harns ihrer geringeren Eigenschwere wegen ansammelt und ein charakteristisches Merkmal der Schwangerschaft darstellt. Diese Angaben haben sich nicht bewährt. Das sogenannte Kiesteïnhäutchen besteht aus Krystallen von phosphorsaurer Ammoniak-Magnesia (Taf. VII. Fig. XX.), zwischen denen hin und wieder Fetttröpfchen und Gährungspilze (Taf. II. Fig. XVIII.) angetroffen werden. Es versteht sich von selbst, dass diese nachträglichen Zersetzungserzeugnisse in jedem Urine vorkommen können.

Eiweiss.

§. 998. Die Albuminurie oder der Eiweissgehalt des Harnes tritt schon unter regelrechten Verhältnissen, nach einer reichlichen Mahlzeit oder unter anderen noch nicht ermittelten Einflüssen hin und wieder auf. Man findet ihn aber als ein beständiges Merkmal gewisser krankhafter Veränderungen der Blutmischung oder der verschiedensten Nierenentartungen, die man unter dem unbestimmten Namen des Bright'schen Nierenleidens zusammenfasst. Die Anwesenheit grösserer Eiweissmengen lassen sich durch das Kochen oder die Behandlung mit Salpetersäure nachweisen (§. 976).

§. 999. Man kann häufig wahrnehmen, dass der Urin beträchtliche Eiweissmengen längere Zeit hindurch enthielt, ohne dass die Section eine krankhafte Veränderung in den Nieren mit Sicherheit nachweist. Dieser Fall kommt in vielen Wassersüchtigen vor. Alle Krankheiten überhaupt, die eine zu starke Wasserverdünnung des Blutes zur Folge haben, werden die Eiweissabscheidung in den Nieren begünstigen. Der Porositätszustand der Gefässe kann sich wahrscheinlich hin und wieder so ändern, dass sie schon Eiweiss unter dem gewöhnlichen Seitendrucke (§. 947) austreten lassen. Da das Mikroskop über diesen Beschaffenheitswechsel der Wandungen nicht belehrt, so hätte man hier einen zweiten Fall, in dem die Albu-

minurie ohne nachweisbaren Fehler der Nierenmasse zum Vorschein kommt.

§. 1000. Die Erhöhung des Seitendruckes der Blutgefässe (§. 487), die sich in den Malpighi'schen Gefässknäueln am kraftvollsten geltend machen wird (§. 941), führt nicht bloss zur Ausscheidung von Eiweiss, sondern auch von Faserstoff (§. 115). Berstungen können dann sogar reine Blutmassen dem Urine beimengen. Diese theoretisch vorauszusehenden Folgen werden durch die verschiedensten Erfahrungen bestätigt. Grössere Wassermengen, die Kierulf in das Blut von Hunden einspritzte, führten zu blutigem, selten zu bloss eiweisshaltigem Urin. Die Farbe eines solchen Harns kann von beigemengten Blutkörperchen oder von aufgelöstem und durchgeschwitztem Blutfarbestoff herrühren. Hatten Johnson, ich, Meyer, Frerichs die Nierenblutadern von Kaninchen unterbunden, so kam ein eiweissreicher und oft blutiger Harn, der selbst cylindrische Faserstoffgerinnsel unter dem Mikroskope darbot, zum Vorschein. Die Ligatur der Aorta unterhalb des Abganges der Nierenarterie führte, nach Meyer, ohne Weiteres zu Albuminurie. Frerichs dagegen sah diesen Erfolg erst dann, wenn zugleich die eine Niere ausgerottet worden, eintreten.

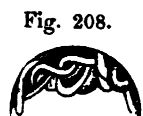
§. 1001. Die ursprüngliche Ursache der mit tieferen Nierenentartungen verbundenen Albuminurie des Menschen liegt wahrscheinlich ebenfalls in Bedingungsgliedern, die den Seitendruck in den Nierengefässen erhöhen. Der Faserstoff, der dann häufig mit dem Eiweiss ausschwitzt, gerinnt in den Harncanälchen. Er bildet gleichsam einen Abguss des Lumens desselben. Wird er später fortgeschwemmt, so nimmt er Epithelialzellen mit sich. Der Harn enthält daher häufig cylindrische Faserstoffmassen, die Epithelien, Blutkörperchen und Sedimentkörper des Harns einschliessen. Fig. 207 zeigt ein solches Coagulum, nach Johnson, an dem man Krystalle von kleesaurer Kalkerde bemerkt. Krystallisirtes Gallenfett wird ebenfalls bisweilen wahrgenommen.

Fig. 207.



§. 1002. Die Ausschwitzungen, welche auf diese Weise zu Stande kommen, können wesentliche Veränderungen innerhalb und ausserhalb der Harncanälchen erzeugen. Sie drängen bisweilen den Gefässknäuel nach dem einen Ende der Kapsel, Fig. 208, nach Simon, zurück oder dehnen die Harncanälchen stellenweise bauchig aus. Die Epithelien derselben können Fettkörnchen in reichlicher Masse aufnehmen und nach und nach zerfallen. Ausschwitzungen, Fettablagerungen, Blutergüsse, Concrementbildungen, Cysten und örtliche oder allgemeine Atrophie der Nierenmasse kommen in den späteren Krankheitsstadien vor.

Fig. 208.



§. 1003. Die meisten bis jetzt bekannten quantitativen Bestimmungen des Eiweissgehaltes des Urins beruhen auf der Anwendung der Siedhitze oder der Salpetersäure. Ihre Werthe können daher nur auf die Bedeutung ungefährer Grössen Anspruch machen (§. 976). Man fand dann gewöhn-

lich 0,2 bis 3,4 % Eiweiss. Die berechnete tägliche Eiweissmenge schwankte zwischen 3 und 25 Grm.

§. 1004. Die nicht unbedeutenden Eiweissquantitäten, die in dem Harne davongehen, können in den Gang der Lebensthätigkeiten bei längerer Fortdauer des Leidens störend eingreifen. Manche Forscher glaubten aber den Grund des Todes in der Verminderung der Harnabsonderung und deren Folgen suchen zu müssen. Sind die Nieren ausgerottet, so häuft sich eine grössere Menge von Harnstoff im Blute an. Dieser wird an und für sich nicht tödten, weil Thiere Einspritzungen reichlicher Harnstoffmengen in das Blut ohne Nachtheil ertragen. Frerichs nahm daher an, dass ein Gährungserreger den Harnstoff in die schädlichere Verbindung des kohlensauren Ammoniaks umsetzt (§. 220). Hunde, deren Nieren er ausgerottet hatte, stiessen später Athmungsgase aus, die mit Salzsäure Salmiaknebel erzeugten. Reichliche Mengen von Ammoniak liessen sich im Blute nachweisen. Die Betäubung und die übrigen Störungen der Nerventhätigkeit traten erst dann ein, wenn die Athemluft Ammoniak enthielt. Dieses liess sich auch in den Respirationsgasen von hierher gehörenden Kranken nachweisen.

§. 1005. Ein sicheres Urtheil über diese Auffassungsweise bleibt der Zukunft anheimgestellt. Die Versuche von Stannius und Stahmer sprechen scheinbar dagegen. Diese Forscher konnten den Tod von Katzen, deren Nieren sie ausgerottet hatten, durch die Einspritzung von Harnstoff nicht beschleunigen. Es hätte daher keine reichlichere Bildung von kohlensaurem Ammoniak nach jener Theorie eingegriffen. Wäre ein Körper, der die Gährung des Harnstoffs hinderte (§. 215), vorhanden gewesen, so liesse sich nicht einsehen, weshalb sich seine Wirkung nicht auch auf den ursprünglichen Harnstoff des Blutes erstrecken sollte. Die Zukunft wird daher sicherer feststellen müssen, welche von den nach Nephrotomie auftretenden Blutbestandtheilen die Betäubung und den Tod bedingen können.

Zucker.

§. 1006. Der Harnzucker stimmt in seinen wesentlichen Eigenschaften mit dem Traubenzucker ($C_{12}H_{12}O_{12} + 2\,HO$) überein. Man erkennt seine Anwesenheit am sichersten durch den Polarisationsapparat (§. 249) oder die mit der nöthigen Vorsicht (§. 924) auf den Alkoholauszug des Rückstandes angewandte Trommer'sche Probe (§. 259). Die Gährungsprobe (§. 257) kann sehr leicht irre führen.

§. 1007. Der bei dem Athmen aufgenommene Sauerstoff verbrennt wahrscheinlich die geringen in das Blut übertretenden Zuckermengen zu Kohlensäure und Wasser. Kommen hingegen grössere Quantitäten von Zucker in die Blutmasse, so scheidet sich ein Theil desselben im Harn ab. Man findet nur selten, dass der Zuckergehalt des Harns oder die Glycosurie nach reichlichem Genusse der gewöhnlichen Pflanzennahrung in Kaninchen auftritt. Hat man ihnen aber irgend grössere Zuckermengen in das Blut gespritzt, so liefert die Trommer'sche Probe des Urins positive Ergebnisse. Dieses ist, nach Becker[29]), immer der Fall, wenn das Blut 0,5 % oder selbst weniger Zucker führt.

§. 1008. Bernard hat zuerst bemerkt, dass die Verletzung eines gewissen Bezirkes des verlängerten Markes des Kaninchens die Bildung von Zuckerurin zur Folge hat. Jene Gegend liegt $\frac{1}{2}$ bis $1\frac{1}{2}$ Centimeter von

der Verbindungsstelle mit dem kleinen Gehirn entfernt und reicht jederseits bis $2^1/_2$ Mm. von der Mittellinie nach aussen. Man sticht gewöhnlich einen Stift *b*, der die Spitzenform *a*, Fig. 209, besitzt, in die jenem Abschnitte des verlängerten Markes entsprechende Stelle des Hinterhauptes ein. Da der durch Ergüsse erzeugte Druck zu demselben Ziele führt, so trieb Graefe [30]) einige Tropfen Wasser in die hintere Schädelgrube mit dem gleichen Erfolge ein. Die Verletzung des hinteren Theiles der Brücke wirkt, nach Becker, ähnlich, wie die erwähnte Gegend des verlängerten Markes, während die der Zwischenpartieen zwischen beiden keine Glycosurie bedingt.

Fig. 209.

a

b

Lebt das Thier längere Zeit fort, so kann der Zuckergehalt des Harns abnehmen oder schwinden.

§. 1009. Man weiss bis jetzt noch nicht, weshalb das Erscheinen des Zuckerharns jenen Nervenverletzungen nachfolgt. Die Ansicht, dass die durch die Athmung bedingte Verbrennung abnimmt und daher ein Zuckerüberschuss im Blute entsteht, wird dadurch widerlegt, dass Athmungshindernisse keine Glycosurie erzeugen.

§. 1010. Die Vermuthung, dass die Operation den Zuckergehalt der Leber erhöht und der von dem Blute der Lebervenen reichlicher aufgenommene Zucker in den Nieren austritt, ist nicht mit Sicherheit bewiesen worden. Graefe erhielt einzelne Resultate, die einen eigenthümlichen Einfluss der Lebernerven andeuten. Die subcutane Trennung der Eingeweidenerven (*NN. splanchnici*), die viele Fasern nach der Leber senden, führt zur Bildung von Zuckerharn. Das Gleiche gilt von der in der Gegend des vierten Halswirbels vorgenommenen Quertheilung des Rückenmarkes, das den Vermittler zwischen dem verlängerten Marke und den Eingeweidenerven bildet. Dass die Durchschneidung des Halstheiles des sympathischen Nerven jenen Einfluss nicht besitzt, kann nach dem, was wir in der Nervenlehre kennen lernen werden, nicht befremden. Die Durchscheidung der herumschweifenden Nerven (*NN. vagi*), die ebenfalls Primitivfasern der Leber mittheilen, zieht keine Glycosurie nach sich.

§. 1011. Die übermässige Harnentleerung oder die Harnruhr (*Diabetes*) wird zur sogenannten Zuckerharnruhr (*Diabetes mellitus*, *Mellituria*), wenn der Harn beträchtliche Mengen von Zucker enthält. Ein Kranker entleert dann täglich 3 bis 6 Kilogr. oder angeblich bis 16 Kilogr. Harn, der sich immer durch ein hohes specifisches Gewicht (1,02 bis 1,07) und oft durch einen geringen Harnstoffgehalt auszeichnet und 6 bis 14 % Zucker zu führen vermag. Stärkemehlnahrung erhöht den Zuckergehalt des Urins. Blosse Fleischkost, die man als Heilmittel des Leidens versucht hat, steuert häufig dem Uebel nicht, weil jene einseitige Nahrung dem Kranken bald verleidet ist und sich vermuthlich auch Zucker aus den Eiweissmassen oder dem Inosit ($C_{12}H_{12}O_{12} + 4HO$) der Nahrung oder der Körpergewebe erzeugen kann.

Harnruhr.

§. 1012. Keine Entartung der Nieren begleitet die Zuckerharnruhr. Man stösst dagegen häufig auf einen verhältnissmässig bedeutenden Zuckergehalt der Leber. Geringe Mengen von Zucker können auch in anderen Absonderungen, wie dem Speichel, dem Schweisse und in den serösen Ausschwitzungen, auftreten.

Farbestoff. §. 1013. Die Farbestoffe und die jedenfalls sehr unreinen Extractivstoffe des Urins konnten bis jetzt nicht mit hinreichender Schärfe verfolgt werden. Man weiss nicht, aus welcher Quelle der rothe Farbestoff des Fieberharnes, der auch dessen Sedimente färbt, hervorgeht.

Ammoniak. §. 1014. Geringe Mengen von Ammoniak finden sich, nach Boussingault, in dem frischen Urin des Menschen und der Thiere. Der Harn von Kindern lieferte 0,03 % und der von Erwachsenen 0,7 bis 0,14 %. Der in dem Ammoniak austretende Stickstoff beträgt im Durchschnitt $^1/_{17}$ der Stickstoffmenge, welche in dem Harnstoff, der Harnsäure, der Hippursäure und den anderen Stickstoffverbindungen des Urins davongehen.

Kochsalz. §. 1015. Der Kochsalzgehalt des Harns steigt mit der Einfuhr kochsalzhaltiger Speisen. Falck fand z. B. 2,56 Grm. Chlor in dem Rückstande des für 24 Stunden entleerten Harns am ersten Tage nach dem Genusse nicht gesalzener Kost und 6,04 Grm. bei dem gesalzener Nahrung. Nimmt man wiederum das Kilogramm Körpergewicht und die Stunde zur Basis, so ergiebt sich aus den Untersuchungen von Bischoff, dass er selbst durchschnittlich 0,005 bis 0,006 Grm. entleerte, wenn der mittlere Procentwerth 1,02 bis 0,87 % betrug (§. 977). Die 43jährige Frau lieferte 0,004 Grm., das 18jährige Mädchen 0,005 Grm., der 16jährige Knabe und der Nachturin des 3jährigen Kindes 0,007 Grm.

Chlor. §. 1016. Hegar, der ebenfalls die Maassbestimmungen (§. 968) gebrauchte, erhielt im Durchschnitt 0,0073 Chlorverbindungen für den Morgenharn, 0,0084 für den Nachmittags- und 0,0039 für den Nachturin, wenn man 1 Kilogr. Körpergewicht und 1 Stunde zur Basis nimmt. Der Einfluss der Nahrung macht sich hierbei sichtlich geltend.

§. 1017. Wie der Salzreichthum der Nahrungsmittel, so können Kochsalzinjectionen in das Blut den Kochsalzgehalt des Harnes beträchtlich erhöhen. Vierordt und Wellzien brachten 89 Grm. Chlornatrium, die in 304 C. C. Wasser gelöst waren, in die Drosselblutader eines Pferdes im Laufe von 25 Minuten ein. 100 C. C. Harn enthielten 0,713 Grm. Kochsalz nach einer halben, 0,707 Grm. nach einer ganzen und 0,776 Grm. nach $1^1/_2$ Stunden, während der gesunde Urin 0,010 bis 0,015 Grm. ergeben hatte. Man sieht zugleich, dass sich der relative Kochsalzgehalt des Urins fast auf der gleichen Höhe längere Zeit erhalten hatte. Das beschränkte Ausscheidungsvermögen der Nieren führte zu einer geringeren Geschwindigkeit der Entledigung des überschüssigen Kochsalzgehaltes des Blutes.

§. 1018. Man findet nicht selten, dass der Harn von Kranken, die an entzündlichen Zuständen leiden, blosse Spuren von Kochsalz im Harn ausführt. Da dieses immer noch in merklichen Mengen im Blute vorhanden ist, so scheint eine gewisse Blutbeschaffenheit oder eine noch unbekannte Veränderung der Harnwerkzeuge jener Eigenthümlichkeit zum Grunde zu liegen.

Schwefel- und phosphorsaure Salze.

§. 1019. Die schwefel- und die phosphorsauren Salze des Harns pflegen einen doppelten Ursprung, wie die Chlorverbindungen, darzubieten. Sie rühren von den umgesetzten Körpertheilen und den eingeführten Nahrungsmitteln her. Die tägliche Menge der Sulphate, welche Lehmann bei gewöhnlicher Kost ausführte, betrug ungefähr 7,0 Grm. Eine 12tägige Nahrung mit blossen Fleischspeisen erhöhte sie auf 10,4 Grm. Der ausschliessliche Genuss von pflanzlichen Stoffen setzte sie auf 5,9 Grm. herab. Gruner, der den Schwefelsäuregehalt des Harns nach dem §. 970 erläuterten Titrirungsverfahren untersuchte, fand ebenfalls, dass der Nachmittagsurin, dessen Absonderung mit der Verdauung zusammenfällt, mehr Schwefelsäure als der am Vormittag gelassene Harn enthält. Die auf 1 Kilogr. und 1 Stunde berechnete Menge gleicht im Durchschnitt 0,003 Grm.

§. 1020. Die Phosphorsäure des Harns ist theils an Natron, theils an Kalk- und Talkerde gebunden. Der phosphorsaure Kalk beträgt durchschnittlich etwas mehr als das Doppelte des phosphorsauren Talks. Diese Erdsalze vergrössern sich nach dem Genusse von thierischen Nahrungsmitteln. Ihre Mengen sinken nicht nothwendiger Weise in dem Urin von Schwangeren.

§. 1021. Winter, der die §. 971 erwähnte Maassmethode gebrauchte, erhielt 0,002 bis 0,004 Grm. und im Durchschnitt 0,0027 Grm. Phosphorsäure für 1 Kilogr. Körpermasse und 1 Stunde. Reichliches Biertrinken, welches die Urinmenge der folgenden Tage beträchtlich vergrössert, übt einen nur unbedeutenden Einfluss auf die ausgeschiedenen Phosphorsäuremengen aus.

Metalle und Gase.

§. 1022. Das Eisen, das Mangan, die Kieselsäure und die in dem Harn gelösten Gase (§. 64) sind noch nicht vergleichend verfolgt worden. Die Nahrungsweise wird aber auch ihren Einfluss für diese Bestandtheile geltend machen.

Saure Reaction des Harns.

§. 1023. Der frische Harn des Menschen besitzt in der Regel eine saure Reaction. Die Speisen und Getränke können hierbei verändernd eingreifen, weil die reichliche Ausscheidung kohlensaurer Alkalien den Urin alkalisch macht. Die Harnstoffgährung führt zu einem ähnlichen Resultate in späteren Zeiten.

§. 1024. Die Pflanzenfresser entleeren gewöhnlich einen von vornherein alkalischen Urin. Der Harn des Pferdes und des Esels enthält eine grosse Menge mikroskopischer krystallinischer Kugeln (Taf. II. Fig. XX.), die grösstentheils aus kohlensaurer Kalk- und Talkerde nebst einer organischen Grundlage bestehen. Diese Gebilde lassen sich auf dem Filtrum pfundweise aus den täglichen Entleerungsmengen sammeln. Sie erzeugen die Trübung des Urins, die man am Ende des Harnlassens bei dem Pferde bemerkt. Aehnliche Concremente kehren in dem Harn des Schweines, der Ratte und bisweilen in dem der Maus und des Kaninchens wieder. Sie können in dem Urin des Menschen als sogenannte *Dumb-bells* unter krankhaften Verhältnissen gefunden werden.

§. 1025. Die alkalische Beschaffenheit des Harns der Pflanzenfresser rührt von der eingeführten Nahrung her. Lässt man ein solches Thier hungern, so dass es von seinen eigenen Körpertheilen oder von Fleischkost zehrt, so nimmt der Urin eine saure Reaction an.

§. 1026. Winter gebrauchte eine Ammoniaklösung, um die freie Säure des Menschenharns zu neutralisiren und die Menge derselben zu schätzen. Die Titrirung der Ammoniaklösung selbst war durch Neutralisation mit Kleesäure gewonnen worden. Legt man dieses Maass und 1 Kilogr. und 1 Stunde zum Grunde, so erhält man im Durchschnitt das Aequivalent von 0,0014 Grm. Oxalsäure. Die Grenzwerthe betragen 0,0009 und 0,0024 Grm.

§. 1027. Liebig erklärt die saure Beschaffenheit des Menschenharns aus den Eigenschaften der basisch phosphorsauren Salze, welche andere freie Säuren leicht aufnehmen und in saure Verbindungen übergehen. Die Harnsäure gehört zu den schwer löslichen Körpern. 1 Theil fordert 1800 bis 1900 Theile siedendes und 15000 Theile Wasser von 20° C. Die Hippursäure hat 400 Theile kalten Wassers nöthig. Eine wässerige Lösung von zweibasisch phosphorsaurem Natron [$(2\,NaO\,.\,HO)\,PO_5 + 24\,HO$] nimmt dagegen schon Hippursäure im Kalten und Harnsäure bei dem Erwärmen in reichlicher Menge auf. Die Flüssigkeit erhält eine saure Reaction, wenn eine hinreichende Menge von Harnsäure dargeboten worden. Ein Theil von dieser scheidet sich wieder bei dem Erkalten ab. Da nun der saure Harn der Fleischfresser reichliche Mengen von phosphorsauren Alkalien führt, so könnte die Analogie dieser Verhältnisse von der sauren Beschaffenheit des frischen Urins und der späteren Abscheidung der Harnsäure Rechenschaft geben. Lehmann findet jedoch nach seinen quantitativen Bestimmungen, dass oft der Urin mehr freie Säure, als der Aufnahme durch die phosphorsauren Alkalien entspricht, darbietet. Der Unterschied fällt in manchen Harnarten von Kranken so gross aus, dass er sich nicht aus einer frühzeitig eingreifenden geringen Milchsäuregährung (§. 986) erklären lässt. Saure phosphorsaure Erden und freie organische Säuren, wie Milchsäure und Hippursäure, tragen daher, nach Lehmann, zu der sauren Reaction des Urins ebenfalls bei.

Blasensteine.

§. 1028. Man kann Concremente in allen Abschnitten der Harnwerkzeuge antreffen. Man unterscheidet demnach Nieren-, Blasen- und Harnröhrensteine. Kleine Concremente finden sich in der Regel in den Nieren von Neugeborenen. Die Blasensteine kommen unter krankhaften Verhältnissen am häufigsten vor. Die sogenannten Uratsteine enthalten vorherrschende Mengen von Harnsäure ($C_{10}H_2N_4O_4\,.\,2\,HO$) und den schwer löslichen harnsauren Salzen. Die Oxalatsteine führen vor Allem kleesaure Kalkerde ($CaO\,.\,C_2O_3$) und die Phosphatsteine Verbindungen von Phosphorsäure mit Kalk- oder Talkerde [$3\,CaO\,.\,PO_5$ und $(2\,MgO\,.\,HO)\,PO_5 + 14\,HO$] und zwar meistentheils Tripelphosphat [$(NH_3\,.\,HO + 2\,MgO)\,PO_5 + 12\,HO$]. Diese Benennungen genügen insofern nicht, als häufig der Kern eines Steines aus Harnsäure, harn- oder kleesaurer Kalkerde, die Rinde dagegen aus Erdphosphaten besteht. Die Majorität der vorkommenden Harnsteine enthält Harnsäure oder harnsaure Salze. Viele Oxalatsteine zeichnen sich durch ihre maulbeerartige Form aus. Zweibasischer phosphorsaurer Kalk [$(2\,CaO\,.\,HO)\,PO_5$], Xanthin oder Xanthoxyd ($C_5H_2N_2O_2$) und Cystin ($C_6H_6NO_4S_2$) kommen nur ausnahmsweise vor. Man hat auch Kieselsäure (SiO_3), Benzoësäure ($C_{14}H_5O_3\,.\,HO$) und Eisen nachweisen können.

§. 1029. **Eine der Hauptursachen der Steinbildung liegt wahrscheinlich darin, dass ein Gährungserreger Sedimente in dem noch nicht entleerten Harne erzeugt (§. 986).** Die Blase bietet hierzu eine Reihe von günstigen Nebenbedingungen dar. Ihr Schleim kann wahrscheinlich die saure (§. 986) oder die alkalische Uringährung (§. 988) rasch herbeiführen. Da die Ruhe den Absatz von Niederschlägen erleichtert, so wird der längere Aufenthalt des Harns in der Blase die Concrementausscheidung unterstützen. Wie sich die Krystalle an einen in die Lösung gebrachten festen Körper setzen, weil hier die gegenseitigen Anziehungen ihr relatives Maximum erreichen, so findet man häufig, dass ein Schleimpfropf oder ein Blutgerinnsel den Kern eines Steines bildet und dieser sich später schichtenweise vergrössert. Onanisten schieben nicht selten Ohrlöffel, Zahnstocher oder Federmesser in die Harnröhre. Schlüpft ein solcher Körper in die Harnblase, so incrustirt er sich nach und nach durch die sich niederschlagenden Harnabsätze.

Uebergang der Stoffe in den Harn.

§. 1030. Viele der löslichen Verbindungen der Nahrungsmittel und der Arzneien kehren im Urin unverändert wieder. Andere dagegen werden auf den Zwischenwegen umgesetzt, so dass sie nur modificirt im Harn auftreten oder in ihm gar nicht erscheinen. Die absolute Menge der eingeführten Stoffe und der neben ihnen vorhandenen Körper, die zu Gebote stehenden Sauerstoffquantitäten, die Ernährungszustände und wahrscheinlich auch die Porositätsverhältnisse der Blutgefässe und der Drüsengänge entscheiden hier über die Grösse und die Art des Erfolges. Man kann daher hier keine allgemein gültigen Resultate gewinnen, sondern höchstens die Wirkungen der gewöhnlichen Verhältnisse ungefähr andeuten.

§. 1031. Der Harnstoff, die Harnsäure, die Hippursäure, das Kreatin und wahrscheinlich noch andere im Urin auftretende organische Verbindungen sind Zerlegungsproducte der stickstoffhaltigen Elemente der umgesetzten Körpertheile oder der Nahrungsmittel. Der Schwefel und der Phosphor der Eiweisskörper erscheinen im Harn als Schwefel- und Phosphorsäure. Die Salze derselben lassen sich meist unverändert im Urin nachweisen. Wir haben schon §. 1007 gesehen, dass nur grössere Mengen von Zucker im Harn wieder erscheinen, kleinere dagegen schon im Blute zu Grunde gehen oder sonst entfernt werden.

§. 1032. Obgleich die Nieren den grössten Theil der in den Körper eingeführten löslichen Stoffe ausscheiden können, so werden doch nicht alle Körper mit gleicher Geschwindigkeit hinweggeführt. Hat man eine wässerige Lösung, die 2 % Jodkalium (KJ), 2 % Blutlaugensalz (FeCy + 2 KCy + 3 HO) und 4 % Zucker enthält, in die Drosselvene eines Hundes gespritzt, so kehrt, nach Bernard, das Jodkalium, das rasch in den Speichel tritt (§. 887), spät im Harne wieder. Das Eisenkaliumcyanür wird in ihm früher als der Zucker bemerkt.

§. 1033. Wöhler hat ausführliche Untersuchungen über die Veränderungen, die viele in den Nahrungscanal gebrachte Verbindungen bis zu ihrem Austritte in dem Harne erleiden, angestellt. Diese Erfahrungen wurden später von ihm selbst und Frerichs, von Lehmann, Uhle, Kletzinsky vervollständigt. Die verschiedensten Umsatzerscheinungen kommen hierbei zum Vorschein. Sie können bisweilen nach Verschieden-

heit der §. 977 erwähnten Nebenverhältnisse für den gleichen Körper wechseln.

§. 1034. Der Genuss kohlensäurereicher Getränke vermehrt die Menge der Kleesäure des Harns und scheint auch die Quantität der unter der Luftpumpe austretenden Kohlensäure zu vergrössern. Hatten Magendie und Bernard Kleister oder Traubenzucker in das Blut hungernder Kaninchen gespritzt, so wurde der früher saure Harn (§. 1025) alkalisch, weil wahrscheinlich jene Verbindungen im Blute zu Kohlensäure verbrannten und eine Abscheidung kohlensaurer Alkalien vermittelten. Rohrzucker dagegen ging in den Harn unverändert über.

§. 1035. Man giebt gewöhnlich an, dass die in keiner Salzverbindung eingeführte Kleesäure (C_2O_3), Citronensäure ($C_{12}H_5O_{11}$. 3 HO), Aepfelsäure ($C_8H_4O_8$. 2 HO), Weinsteinsäure ($C_8H_4O_{10}$. 2 HO), Gallussäure ($C_{14}H_6O_{10}$ + 2 HO), salicylige Säure oder Salicylwasserstoff ($C_{14}H_5O_3$. HO) und Bernsteinsäure ($C_8H_4O_6$. 2 HO) an Basen fixirt im Harne wiederkehren, während die neutralen pflanzensauren Alkalien als kohlensaure erscheinen, weil ihre organische Säure im Blute zu Kohlensäure verbrannt worden. Eine genaue Controle der Einnahmen und der Ausgaben wird wahrscheinlich diesen Ausspruch beschränken. Man darf vermuthen, dass es von den Nebenverhältnissen abhängt, ob und wie viel von jenen Säuren mit Basen vereinigt in kohlensaure Salze übergeht. Kleesaure Kalkerde ($CaOC_2O_3$) soll, nach Krauss, im Harn unverändert wiedererscheinen.

§. 1036. Manche stickstofflose Verbindungen gehen in stickstoffhaltige über. Die Benzoësäure ($C_{14}H_5O_3$), die Zimmetsäure ($C_{18}H_7O_3$. HO) und der Benzoëäther (C_4H_5O . $C_{14}H_5O_3$) werden zu Hippursäure ($C_{18}H_8NO_5$). Das Bittermandelöl oder der Benzoylwasserstoff ($C_{14}H_6O_2$), der ebenfalls zuletzt Hippursäure liefert, verwandelt sich wahrscheinlich vorher in Benzoësäure. Phloridzin ($C_{42}H_{24}O_{20}$ + 4 HO) giebt Hippursäure ($C_{18}H_8NO_5$) und kleesaure Kalkerde (CaO . C_2O_3). Quantitative Untersuchungen werden diese Verhältnisse noch genauer bestimmen müssen, da der Harn Hippursäure bei gewöhnlicher gemischter Nahrung führt (§. 991).

§. 1037. Einzelne stickstofflose Verbindungen erscheinen als andere stickstofflose Körper wieder. Rohrzucker ($C_{12}H_{11}O_{11}$) erscheint bisweilen als Traubenzucker ($C_{12}H_{12}O_{12}$ + 2 HO) (§. 1007). Die Eichengerbsäure ($C_{18}H_8O_{12}$) verwandelt sich in Gallussäure ($C_{14}H_6O_{10}$ + 2 HO), Brenzgallussäure ($C_{12}H_6O_6$) und huminartige Verbindungen. Die salicylige Säure oder der Salicylwasserstoff ($C_{14}H_5O_3$. HO) wird zu Salicylsäure ($C_{14}H_5O_5$. HO). Salicin ($C_{26}H_{18}O_{14}$) erzeugt Salicylwasserstoff ($C_{14}H_5O_3$. HO) und Salicylsäure ($C_{14}H_5O_5$. HO), wahrscheinlich aber nicht Phenylsäure ($C_{12}H_5O$. HO). Chinon ($C_{12}H_4O_4$) wird auf eine noch nicht näher bekannte Weise zersetzt.

§. 1038. Der Genuss des Leimzuckers oder des Glycins ($C_4H_5NO_4$), der Harnsäure ($C_{10}H_2N_4O_4$. 2 HO), des harnsauren Kali (2 KO . $C_{10}H_2N_4O_4$), des harnsauren Ammoniak (NH_4O . HO . $C_{10}H_2N_4O_4$), des Alloxanthin ($C_8H_5N_2O_{10}$) vergrössert die Menge des Harnstoffs ($C_2H_4N_2O_2$). Ein Oxydationsprocess greift in allen diesen Fällen durch. Man hat theoretisch:

für Glycin: $2(C_4H_5NO_4 + O_6) = C_2H_4N_2O_2 + 6HO + 6CO_2$,
für Harnsäure: $C_{10}H_2N_4O_4 + 6HO + O_6 = 2(C_2H_4N_2O_2 + 3CO_2)$, und
für Alloxanthin: $C_8H_5N_2O_{10} + O_5 = C_2H_4N_2O_2 + HO + 6CO_2$.

Das mit dem Theïn identische Caffeïn ($C_{16}H_{10}N_4O_4$) sollte die gleiche Wirkung nach früheren Angaben ausüben, während ihm die neueren Erfahrungen die entgegengesetzten Erfolge zuzuschreiben suchen (§. 983). Der Uebergang in Harnstoff könnte ebenfalls als eine Oxydation angesehen werden [$C_{16}H_{10}N_4O_4 + O_{26} = 2(C_2H_4N_2O_2 + HO + 6CO_2)$]. Künftige Beobachtungen werden entscheiden müssen, ob eines jener beiden entgegengesetzten Resultate auf einem Irrthume beruht oder andere noch unbekannte Ursachen die Abnahme des Harnstoffs zur Folge haben. Senfölammoniak, Rhodallin oder Thiosinnamin ($C_8H_8N_2S_2$) liefert Schwefelammonium ($NH_3 . HS$). Die Salze des Ammoniaks (NH_3) sollen zum Theil in Verbindungen der Salpetersäure (NO_5), nach Bence Jonas, übergehen. Jaffé konnte dieses nicht bestätigen.

§. 1039. Jod zeigt sich als alkalisches Jodmetall, vorzüglich als Jodnatrium (NaJ), wenn es im Urin zum Vorschein kommt (§. 1032). Schwefelkalium (KS_5) wird theils unverändert, theils als schwefelsaures Kali ($KO . SO_3$) wiedergefunden. Eisenkaliumcyanid, Ferridcyankalium oder rothes Cyaneisenkalium ($Fe_2Cy_3 + 3KCy$) verwandelt sich in Eisenkaliumcyanür, Ferrocyankalium oder Blutlaugensalz ($FeCy + 2KCy + 3HO$). Gold, Silber, Eisen, Blei, Zinn, Wismuth, Arsenik und Quecksilber können in kleineren oder grösseren Mengen mit dem Harn entfernt werden.

§. 1040. Eine Reihe von Verbindungen wird im Harn vermisst, sei es, dass sie vor ihrem Eintritte in die Nieren durch ihre Zersetzung unkenntlich geworden oder in den Harn nicht übertreten. Der Weingeist ($C_4H_6O_2$), der Aether (C_4H_5O), das Anilin oder Kyanol ($C_{12}H_7N$), das man unter Anderem auch aus dem Indigo darstellt, das Theïn oder Caffeïn ($C_{16}H_{10}N_4O_4$) des Thee und des Caffee, das Theobromin ($C_{14}H_8N_4O_4$) des Cacao, das Amygdalin ($C_{40}H_{27}NO_{22} + 6HO$) der Kerne der bitteren Mandeln, der Kirschen, Apricosen, das Asparagin ($C_8H_7N_2O_5 . HO$) des Spargel, der Eibischwurzeln, der Kartoffeln, das Allantoïn ($C_8H_6N_4O_6$), der Camphor ($C_{20}H_{16}O_2$), das Dippel'sche Oel, der Moschus, die Cochenille, die Lackmustinctur, das Blattgrün oder Chlorophyll, der Farbestoff der Alkanna, der des Blauholzes oder das Hematoxylin, der von *Morus tinctoria* oder das Morin, der von *Daucus carota* oder das Carotin, des Pararhodeoretin der Jalappa und das Aloëtin der Aloë lassen sich im Urin nicht wiedererkennen. Dasselbe giebt Kletzinsky von dem Gallenfarbestoff, der weingeistigen Guajactinctur, dem Farbestoffe der Färberröthe und dem des Saffran oder dem Polychroit an, während Wöhler die färbende Substanz der Färberröthe und des Guajac in dem Urine wiedererkannte. Zerlegungsproducte des Saffrans lassen sich im Harne nachweisen.

§. 1041. Kohlensaures Kali ($KO . CO_2$ und $KO . 2CO_2$) und Natron ($NaCO_4 + 10HO$ und $NaO . 2CO_2$), chlorsaures Kali ($KO . ClO_5$), salpetersaures Kali ($KO . NO_5$), schwefelblausaures Kali, Schwefelcyankalium oder Rhodankalium (KC_2NS_2), Blutlaugensalz oder Eisenkalium-

cyanür ($FeCy + 2KCy + 3HO$), Borax ($NaO . 2BoO_3 + 10HO$), Chlorbaryum ($BaCl + 2HO$), Kalisilicat ($KO . SiO_3$), weinsaures Nickeloxydkali ($KO . C_8H_6O_{12} + NiO . HO$) kehren im Harne unverändert wieder. Dasselbe wiederholt sich für die aus Kümmelöl darstellbare Cuminsäure ($C_{20}H_{11}O_3 . HO$), die Cumarinsäure ($C_{18}H_7O_5 . HO$), den Harnstoff ($C_2H_4N_2O_2$), das Chinin ($C_{20}H_{12}NO_2$), einzelne Verbindungen des Opium, das Sennin der Senna, den Indigo, das Gummigutt, die Farbestoffe der Färberröthe, des Campeschenholzes, der rothen Rüben, der Heidelbeeren, den der Rhabarber oder des Erythroretin, die Riechstoffe des Baldrian, des Stinkasand, des Knoblauchs, des Bibergeils, des Safrans und des Terpentins, für einzelne Verbindungen des Opium und der betäubenden Stoffe des Fliegenschwammes.

Uebergangsgeschwindigkeit.

§. 1042. Die in den Nahrungscanal eingeführten Verbindungen können im Harne nach kurzer Zeit wieder erscheinen. Menschen mit Vorfall der umgestülpten Harnblase (§. 949) wurden von Stehberger, Erichsen und Ranke benutzt, um die Geschwindigkeit der Ausscheidung näher zu verfolgen. Hatte der Kranke keine Speisen zu sich genommen, so kehrte Eisenkaliumcyanür schon eine Minute nach dem Genusse in dem Harne wieder. Jod liess sich nach $3^1/_2$ bis $4^1/_2$ Minuten, mithin ziemlich frühzeitig (§. 1032), erkennen. Der Farbestoff des Indigo und des Krapps forderte $^1/_4$ Stunde. Ist der Magen mit Speisen gefüllt, so wird das Blutlaugensalz erst nach längerer Zwischenzeit im Harne bemerkt.

Geheime Harnwege.

§. 1043. Die über die Kreislaufsgeschwindigkeit (§. 606) gemachten Erfahrungen erklären es, weshalb die ersten Spuren des genossenen Eisenkaliumcyanürs schon nach einer Minute zu den Harnleitern austreten und daher in noch kürzerer Zeit in den Harn überzugehen beginnen. Die Hypothese geheimer Harnwege oder unmittelbarer Verbindungen zwischen den Verdauungswerkzeugen und den Nieren, wie sie die Alten annehmen zu müssen glaubten, erscheint daher schon theoretisch überflüssig. Es ergiebt sich aber von selbst, dass die Zeit, in welcher ein eingeführter Stoff in dem Harne jener Kranken zum Vorschein kommt, wenig lehrt, weil nicht bloss die Individualitätsverhältnisse des Menschen, sondern auch die zufällig nebenbei vorhandenen Verbindungen, die Mengen, welche übertreten und die Empfindlichkeit der zur Entdeckung der Stoffe gebrauchten Reagentien entscheidend eingreifen. Man darf auch nicht übersehen, dass die meisten Beobachtungen nur über die ersten merklichen Spuren Aufschluss geben, während durchgreifendere Wirkungen längere Zeiten in Anspruch nehmen. Es kann daher z. B. beinahe eine Viertelstunde vergehen, ehe eine mässige Gabe von essigsaurem Kali ($KO . C_4H_3O_3$) den früher sauren Harn anhaltend neutral oder alkalisch macht.

Abscheidung aus dem Blute.

§. 1044. Die wesentlichsten Bestandtheile des Harns, wie der Harnstoff, die Harnsäure, die Hippursäure, die Chloralkaloide, die schwefelsauren und die phosphorsauren Salze, das Eisen, die Kieselsäure, sind schon im Blute enthalten. Man hat überhaupt bis jetzt keine Verbindung, die erst in den Nieren selbst erzeugt würde, in dem Harne nachgewiesen. Man darf dessenungeachtet annehmen, dass einzelne Körper, die wir hin und wieder in dem gelassenen Harne finden, erst nachträglich erzeugt werden. Die kleesaure Kalkerde (§. 995), kleine Mengen von Ammoniak-

salzen werden wahrscheinlicher Weise häufig genug durch die Einwirkung des Blasenschleimes secundär erzeugt.

Harnstoffgehalt des Blutes.

§. 1045. Obgleich verhältnissmässig bedeutende Mengen von Harnstoff im Urin entfernt werden, so lässt sich doch leicht zeigen, dass nur Minimalmengen desselben im Blute vorhanden zu sein brauchen, um allen Forderungen Genüge zu leisten. Gesetzt, ein Erwachsener entleerte täglich 35,1 Grm. Harnstoff und der durchschnittliche Harnstoffgehalt des Blutes gleiche selbst nur 0,01 %, so werden 244 Grm. Blut, die in der Minute die Nieren durchsetzen, den Harnstoffgehalt des Urins decken. Die gesunden Nieren der Erwachsenen wiegen 250 bis 500 Grm. Eine in der Minute durchfliessende Blutmenge, die noch nicht dem Minimalgewichte der Nieren gleicht, kann schon allen Harnstoff ausscheiden, wenn sie selbst nur $^1/_{100}$ % von dieser Verbindung führt. So kleine Quantitäten lassen sich nur an grösseren Blutmassen und selbst hier nicht mit hinreichender Genauigkeit nachweisen, weil die Fällung der Eiweisskörper den Harnstoffgehalt verdecken oder scheinbar verringern kann. Man wird zugleich nach dieser Berechnung ermessen, welche geringen Mengen von Harnsäure und Hippursäure des Blutes den im Harn erscheinenden Mengen dieser Körper zu genügen im Stande sind.

Nephrotomie.

§. 1046. Hunde und selbst Kaninchen gehen nicht nothwendiger Weise nach der Ausrottung einer Niere zu Grunde. Die andere Niere nimmt an Umfang und Gewicht zu. Der mittlere Durchmesser ihrer Harncanälchen fällt später merklich grösser als der der Harngänge der entfernten Drüse aus. Sie liefert allen nöthigen Harn, ohne dass dieser immer Eiweiss enthält (§. 1000). Man findet auch nicht selten im Menschen, dass eine Niere gänzlich mangelt oder nur die Grösse einer Bohne hat, ohne dass Anomalieen der Harnabsonderung aufgetreten waren.

§. 1047. Hat man beide Nieren in Hunden, Katzen oder Kaninchen ausgerottet, so leben die Thiere nur einen bis fünf Tage fort. Fieber, Appetitlosigkeit, Traurigkeit, Durchfälle, Betäubung und Krämpfe gehen dem Tode voran. Das Blut, dem die Möglichkeit seiner Reinigung durch die Unterdrückung der Harnabsonderung genommen worden, häuft die vorgebildeten Bestandtheile des Urins in sich an. Da nicht alles überschüssige Wasser in der Perspiration davongehen kann, so erzeugen sich Durchfälle und Ausschwitzungen in den serösen Körperhöhlen. Diese Flüssigkeiten verbreiten häufig einen Harngeruch und enthalten Harnstoff, der sich aber schon in kohlensaures Ammoniak (§. 220) in dem lebenden Körper zum grössten Theile zersetzt. Man hat auf diese Weise eine urämische Vergiftung, welche den Tod herbeiführt (§. 1004).

Thätigkeit der Blutgefässdrüsen.

Blutgefässdrüsen.

§. 1048. Die Gruppe der **Blutgefässdrüsen** oder der Blutdrüsen umfasst die Milz (*Splen s. Lien*) (*g*, Fig. 25, S. 57), die Nebennieren (*Glandulae suprarenales* (*ab*, Fig. 202, S. 294), die Schilddrüse (*Glandula thyreoidea*) (*e*, Fig. 75, S. 127) und die Thymus (*Glandula thymus*) (*d*, Fig. 74, S. 126). Manche Forscher, wie Ecker, rechnen noch den Hirnanhang (*Hypophysis*

s. *Glandula pituitoria*) hinzu. Die Schildrüse und die Thymus stimmen wenigstens darin überein, dass sie allseitig geschlossene Schläuche mit Zellen, Kernen und anderen Festgebilden enthalten. Man kann diese Bestandtheile als nirgends geöffnete Drüsengänge betrachten und jene Blutgefässdrüsen als Drüsen ohne freie Hauptgänge ansehen. Die Milz und die Nebennieren dagegen lassen sich unter diesem Gesichtspunkte nicht auffassen.

Milz.

§. 1049. Milz. — Ihre Faserhülle liefert starke Scheiden, welche die Verzweigungen der Arterien begleiten und zuletzt in ein Maschenwerk, die Milzbalken (*Trabeculae lienis*) übergehen. Alle diese Gebilde enthalten einfache Muskelfasern in dem Menschen und den meisten Säugethieren. Ecker deutet die Fig. 210 abgebildeten Elemente der Menschenmilz in dem gleichen Sinne. R. Wagner, Koelliker und Ecker konnten bisweilen einzelne Furchen und andere Verkürzungserscheinungen an der Milz des Hundes und der Katze, und Harless an der des Menschen durch elektrische Reize zum Vorschein bringen.

Fig. 210.

Milzbläschen.

§. 1050. Hat man die Verzweigungen eines Schlagaderastes mit den Hüllen herauspräparirt, so sieht man an ihnen eine Menge kleiner runder Gebilde, die Milzbläschen oder die Malpighi'schen Körperchen (*Corpuscula Malpighiana*), die an den Theilungen, Fig. 211, oder seitlich im Verlaufe der Stämmchen, Fig. 212, aufsitzen. Sie kommen in dem Menschen, den Säugethieren und den Vögeln allgemeiner vor. Man vermisst sie häufig in menschlichen Leichen, die längere Zeit nach dem Tode geöffnet werden. Da man sie in Hingerichteten oder Selbstmördern, deren Milz man frühzeitig untersucht, immer findet, so unterliegt es keinem Zweifel, dass jenes negative Resultat nur aus den zerstörenden Wirkungen der Fäulniss und vielleicht auch hin und wieder aus den Folgewirkungen krankhafter Verhältnisse hervorgeht.

Fig. 211. Fig. 212.

§. 1051. Keine Thatsache beweist die oft wiederholte Hypothese, dass die Milzbläschen mit den Saugadern zusammenhängen. Die Angabe von Koelliker, dass nicht bloss äusserlich Blutgefässe vorbeigehen, sondern auch ein Haargefässnetz den Inhalt der Bläschen zu durchziehen scheine, würde sie eher den geschlossenen Bläschen der solitären und der Peyer'schen Drüsen (§. 813) gleichstellen. Man könnte sie dann nicht einmal mit den geschlossenen Schläuchen der übrigen Blutgefässdrüsen vergleichen.

§. 1052. Der eiweissartige Inhalt dieser Gebilde enthält zahlreiche körnige Kugeln und Zellen, die der Innenwand der Kapsel pflasterartig anliegen. Der Wechsel ihrer Form und Grösse führt auf die Vermuthung, dass hier ein fortwährender Umsatz stattfindet. Die Malpighi'schen Bläschen wären hiernach Laboratorien des Stoffumsatzes. Man kann aber noch

nicht im Entferntesten andeuten, welche Art von Umwandlung in ihnen durchgreift.

Gefässsystem der Milz.

§. 1053. Die anatomische Darstellung der Haargefässe und des eigenthümlichen Parenchyms der Milz oder der Milzpulpe (*Pulpa lienis*) lässt Vieles zu wünschen übrig. Hat man Injectionsmasse in die Schlagader oder die Blutader der Milz getrieben, so ereignet es sich häufig, dass das ganze Organ glücklich gefüllt zu sein scheint, während die genauere Untersuchung nichts als Extravasate nachweist. Ecker lässt die feinsten Arterien der Milz in ein zartes Capillarnetz übergehen. Den Zusammenhang mit den Venen konnte er ebenfalls nicht verfolgen. Die Blutadern besitzen, nach ihm, seitliche Ausbuchtungen. Ihre Weite und ihre Verbindungen erinnern an die Venen der Fachgewebe des männlichen Gliedes und des Kitzlers. Es liegt daher nahe, an eine Erectionsfähigkeit der Milz zu denken.

Volumenwechsel.

§. 1054. Eine genügende vergleichende Bestimmung des Milzvolumens frisch getödteter Thiere ist wegen des Mangels eines sicheren Ausgangspunktes nicht möglich. Thiere, die zur Verdauungszeit getödtet worden, bieten eine verhältnissmässig grosse Milz häufig dar. Der reichliche Genuss von Getränken scheint hierbei am nachdrücklichsten zu wirken. Dittmar suchte den Wechsel der Milzgrösse durch die Percussion (§. 673) gesunder und kranker Menschen zu verfolgen. Dieses leicht trügende Mittel führte zu dem Ergebnisse, dass die Milz 3 bis 4 Stunden nach dem Genusse der Mahlzeit merklich anschwillt und zu 5 bis 6 Stunden ihre Maximalgrösse erreicht. Getränke sollen keine Zu- und anderthalbtägiges Fasten keine Abnahme des Umfanges zur Folge haben.

Saugadern.

§. 1055. Die Saugadern, die an der Oberfläche und in dem Inneren der Milz verlaufen, ergiessen ihren Inhalt in den Milchbrustgang (*b*, Fig. 47, S. 105). Sie führen häufig einen röthlichen Inhalt in Pferden oder Rindern, die man zur Verdauungszeit getödtet hat. Die mikroskopische Untersuchung macht es wahrscheinlich, dass die Färbung nicht ausschliesslich von Blutkörperchen herrührt. Man kann daher an zweierlei Ursachen denken. Es tritt Blutfarbestoff in die Lymphe vom Blute aus über, oder der zu Gebote stehende Sauerstoff reicht hin, einen Theil der organischen Verbindung, aus der später der Farbestoff hervorgeht, merklich zu röthen (§. 394).

§. 1056. Die Milzpulpe gehört zu den mysteriösesten Gegenständen der Gewebelehre. Was man als ihre Elemente beschrieben hat, waren häufig nur unveränderte oder veränderte Bestandtheile des Blutes und des Inhaltes der Milzbläschen (§. 1052). Ihre Masse soll die Blutkörperchen haltenden Zellen und deren weitere Umsatzproducte einschliessen.

Mangel der Milz.

§. 1057. Man kann die Milz von Hunden ausrotten, ohne dass die Thiere irgend ein Krankheitssymptom, selbst wenn sie Jahre lang fortleben, darbieten. Die Gefrässigkeit, die Abmagerung und die Aenderungen des Geschlechtstriebes, die einzelne frühere Forscher bemerkt haben wollten, sind in den neueren Versuchen nicht beobachtet worden. Da sich die Milz nicht wieder herstellt, so folgt, dass ihre Thätigkeit zu den nothwendigen Lebensbedingungen nicht gehört.

Entartungen.

§. 1058. So gleichgültig ihre Abwesenheit erscheint, so tief kann eine krankhafte Thätigkeit derselben in das Getriebe des Organismus eingreifen. Beträchtliche Vergrösserungen, die nach anhaltenden Wechselfiebern und tief wurzelnden Unterleibsleiden auftreten, sind in der Regel mit einem leucämischen Zustande verbunden. Die wässerige Blutmasse enthält eine ausserordentliche Zahl farbloser Blutkörperchen (Taf. II. Fig. XXIV. *b*). Der übermässige Einfluss der entarteten Milz übersättigt das Blut mit unpassenden Bestandtheilen und untergräbt auf diese Weise allmälig die zur Erhaltung des Räderwerkes nöthigen Ernährungserscheinungen.

Stoffumsatz in der Milz.

§. 1059. Die in den Milzbläschen und den übrigen Milzelementen erzeugten Umsatzkörper gehen allmälig in den allgemeinen Kreislauf über. Einzelne von ihnen können einer rückschreitenden Metamorphose verfallen, während andere einer höheren Ausbildung entgegeneilen. Es lässt sich nach unseren gegenwärtigen Kenntnissen nicht angeben, welche Stoffe der einen und welche der anderen Zerlegungsweise unterworfen werden. Mehrere Thatsachen scheinen aber anzudeuten, dass die Summe der später unbrauchbaren Producte grösser als die der weiter fortschreitenden Verbindungen ausfällt.

Zeichen der Rückbildung.

§. 1060. Scheerer konnte Milchsäure ($C_{12}H_{10}O_{10} . 2 HO$), Buttersäure ($C_8H_7O_3 . HO$), Essigsäure ($C_4H_3O_3 . HO$), Ameisensäure ($C_2HO_3 . HO$), Harnsäure ($C_{10}H_2N_4O_4 . 2 HO$), Hypoxanthin oder Harnoxydul ($C_5H_2N_2O$) und Liënin (§. 120) aus der Milz darstellen. Der grösste Theil dieser Körper gehört der rückschreitenden Metamorphose an. Sie bilden daher vielleicht Zerlegungsproducte, die später verbrannt oder in den nicht gasförmigen Entleerungen ausgeschieden werden.

§. 1061. Moleschott fand, dass entmilzte Frösche durchschnittlich nur $^2/_3$ der Kohlensäure, die gesunde Thiere liefern, in ihrer Lungen- und Hautausdünstung entfernen. Man könnte dieses als einen neuen Beleg, dass die Milz zur Verbrennung bestimmte Verbindungen erzeugt, ansehen, wenn nicht die durch die Nebenverhältnisse bedingten Schwankungen alle für die gleichen Gewichts- und Zeiteinheiten berechneten Durchschnittsgrössen zweifelhaft machten.

Schicksale der Blutkörperchen.

§. 1062. Viele der neueren Histologen glaubten die Schicksale der in der Milz enthaltenen Blutkörperchen nach mikroskopischen Untersuchungen bestimmen zu können. Die Verschiedenheit der aufgestellten Ansichten liefert aber den deutlichsten Beweis, dass alle hier möglichen Combinationsschlüsse auf unsicherer Grundlage ruhen. Man hat bisweilen zellenartige Gebilde, die Blutkörperchen enthielten, bemerkt Die Einen betrachten sie als Mutterzellen, die sich später auflösen und die Blutkörperchen frei geben. Die Milz war ihnen daher eine Bildungsstätte neuer Blutkörperchen. Andere hingegen nehmen an, dass die dem Untergange bestimmten Blutkörperchen von Zellen umgeben werden, in pigmentirte Massen nach und nach übergehen und zuletzt in Körnchen zerfallen. Führer endlich sieht jüngere Entwickelungsstufen von Haargefässen, die sich mit ihrem Inhalte fortwährend erneuern, in den Fig. 210, S. 320 abgebildeten Gewebeelementen.

§. 1063. Keine dieser Ansichten überschreitet die Grenzen willkürlicher Deutungen. Das Entstehen frischer Blutkörperchen in Mutterzellen lässt sich mit Sicherheit nicht beweisen. Wäre aber auch dieses nicht der

Fall, so müsste erst noch dargethan werden, wie sie in die Kreislaufsbahnen gelangen. Die Ansicht, dass die Blutkörperchen in der Milz in eigenen Zellen zu Grunde gehen, hat mehrere Thatsachen gegen sich. Man kann häufig keine einzige Blutkörperchen haltende Zelle in der ganzen Milz auffinden. Solche Gebilde sind dagegen auch in den krankhaften Blutextravasaten anderer Theile, wie des Gehirns oder der Nieren, bemerkt worden. Dieses lässt schliessen, dass sie mit den wesentlichen und beständigen Thätigkeiten der Milz nicht zusammenhängen, sondern zu den krankhaften Erzeugnissen gerechnet werden müssen.

§. 1064. Das Blut der Milzvene des Pferdes und des Hundes würde, nach **Béclard**, weniger Blut als das der Jugularvene führen. Das erstere gab ihm 8,2 bis 16,1 und das letztere 9,8 bis 18,5 Gewichtsprocente. Die Unterschiede sind zu gross, als dass man sie für sichere Beweise des Unterganges von Blutkörperchen in der Milz zu halten berechtigt wäre.

Neben-nieren.

§. 1065. Nebennieren. — Die Nebennieren, die einen verhältnissmässig bedeutenden Umfang im Neugeborenen (*r*, Fig. 129, S. 176) und vorzüglich in früher Embryonalzeit besitzen, bestehen aus Körner- und Zellenhaufen, die in strahliger Anordnung innerhalb zellgewebiger Maschenräume eingebettet liegen. Taf. V. Fig. LXXVII. zeigt einen Theil dieser Elemente aus der sogenannten Rinde oder der peripherischen Masse der menschlichen Nebenniere. Die feinsten Blutgefässe ziehen sich zwischen den Körneraggregaten hin. Sie verlaufen daher ebenfalls strahlig und verbinden sich dabei durch untergeordnete Queräste. Jede Nebenniere erhält eine grosse Zahl von Nerven, von denen aber ein Theil das Organ durchsetzt, um später andere Gebilde aufzusuchen.

Thätigkeit.

§. 1066. Die Körner und die Zellen werden die von dem Blute ausgeschiedene und sie umgebende Flüssigkeit nach und nach verändern. Sie können daher als eigenthümliche Werkstätten eines durchgreifenden Umsatzes betrachtet werden.

Beziehung zum Nervensysteme.

§. 1067. Man hat häufig angenommen, dass die Nebennieren in einer eigenthümlichen Beziehung zu dem Nervensysteme stehen. Die Thatsache, dass sie in kopflosen Missgeburten häufig fehlen oder ein kleines Volumen besitzen, rührt wahrscheinlich nur davon her, dass auch hier die Brust in hohem Grade verkümmert ist und die Ausbildung der benachbarten Bauchorgane unter diesen Verhältnissen leicht gehemmt wird. Manche Forscher liessen sich durch die äussere Aehnlichkeit verleiten, einzelne Zellen der Nebennieren mit Ganglienkugeln (Taf. V. Fig. LXXI. *a b c d*) zu verwechseln. **Stannius**[31]) hält die Nebennieren für temporäre Keimstätten von Ganglienkugeln und Faserelementen der benachbarten Abschnitte der sympathischen Nerven, weil in ihnen Elemente, die den Ganglienkugeln und den Scheidenfortsätzen derselben gleichen, nur zu gewissen Jahreszeiten wahrgenommen werden.

Schilddrüse.

§. 1068. Schilddrüse. — Die Schilddrüse führt eine grosse Menge von Läppchen, in denen viele runde oder länglich runde Bläschen, die Fig. 213 (a. f. S.) mässig vergrössert zeigt, eingeschlossen liegen. Jedes von ihnen besteht aus einer durchsichtigen Haut, deren Innenfläche mit rundlichen blassen Zellen, wie es Fig. 213 andeutet, besetzt ist. Fig. 214 stellt diese Gebilde, nachdem sie aus den gesprengten Bläschen her-

ausgepresst worden, dar. Man sieht dann meist rundliche, bisweilen aber auch doppelbrotartige Körper *a*, Fig. 214.

Fig. 213.

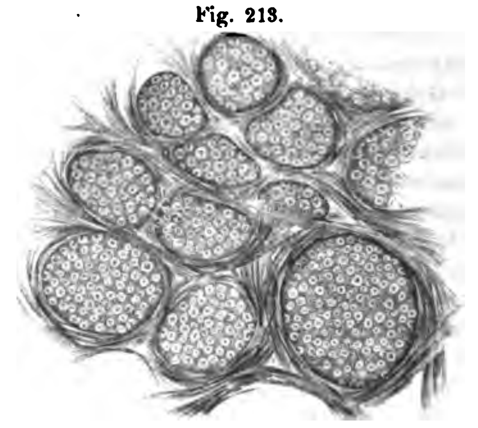
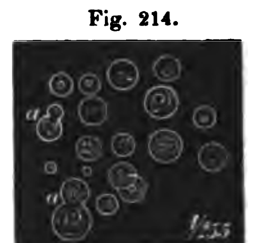


Fig. 214.



Proteid. §. 1069. Der flüssige Inhalt der Bläschen führt noch, nach Kohlrausch, ein oder seltener zwei blasse Kugeln oder Proteide *a*, Fig. 215.

Fig. 215.

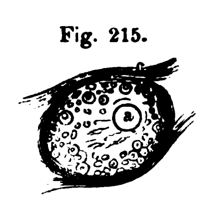


Fig. 216

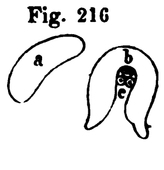


Fig. 217.

Werden sie gedrückt oder stossen sie auf äussere Hindernisse, so ändern sie ihre Gestalt, wie es *a b*, Fig. 216, zeigt. Sie vergehen endlich nach längerer Einwirkung des Wassers oder der Essigsäure. Haben sie eine grössere Dichtigkeit und eine concentrische Schichtung *a b*, Fig. 218, gewonnen, so bilden sie die erste und einfachste Form des Colloids, das der Kropfentartung der Schilddrüse häufig zum Grunde liegt.

Gefässe und Nerven. §. 1070. Eine grosse Zahl von Blutgefässen (Taf. VI. Fig. LXXXVIII.) umspinnt die einzelnen Läppchen der Schilddrüse. Sie besitzt zahlreiche Saugadern. Die Nerven erscheinen sparsamer als die der Nebennieren.

Thätigkeit. §. 1071. Man darf aus den eben erläuterten Structurverhältnissen schliessen, dass auch hier ein eigenthümlicher Stoffumsatz durchgreift. Die näheren Vorgänge desselben lassen sich ebenso wenig, als für die übrigen Blutgefässdrüsen angeben. Die Vermuthung, dass die Schilddrüse die Blutmassen, die das Gehirn, die Athmungswerkzeuge oder die Stimmorgane belästigen könnten, aufnimmt, hat keinen thatsächlichen Boden gefunden. Säugethiere und Menschen vertragen die Ausrottung dieses Organes ohne bleibenden Nachtheil. Hunde, denen nicht nur ihre Schilddrüse, sondern auch ihre Milz genommen worden, können Jahre lang gesund bleiben.

Beziehung zu anderen Organen. §. 1072. Man will bemerkt haben, dass sich der Umfang der Schilddrüse durch heftiges Schreien sichtlich vergrössert. Dieses würde schon erklären, weshalb sie ein grösseres Volumen als früher, in Frauen, die geboren haben, hin und wieder darbietet. Schon der Beischlaf sollte aber den gleichen Erfolg nach sich ziehen. Man hat daher auf eine

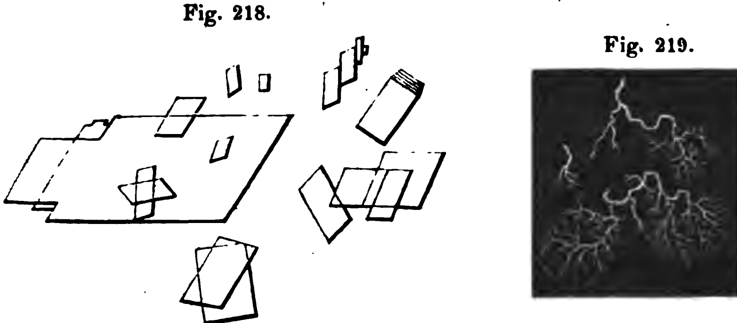
besondere, nicht erklärbare Wechselbeziehung zwischen der Schilddrüse und den Geschlechtstheilen zurückgeschlossen. Da die Drüse durch viele noch unbekannte Ernährungseinflüsse häufig vergrössert wird, so können Täuschungen allen jenen Angaben leicht zum Grunde liegen. Leucämische (§. 1058) pflegen auch eine voluminösere Schilddrüse darzubieten.

Kropf.

§. 1073. Die krankhafte Vergrösserung derselben bildet den Kropf (*Struma*). Sein erster Anfang besteht wahrscheinlich in einer Umwandlung des Proteid *a*, Fig. 215, in ein Colloid, Fig. 217. Die Schläuche *b*, Fig. 215, füllen sich später mit bröckeligen, gallertähnlichen dichteren Ablagerungen. Die Zunahme der Colloidmassen dehnt einzelne Blasen beträchtlich aus. Mehrere fliessen hin und wieder zusammen. Man findet in ihnen häufig Fettkörner und zahlreiche Krystalle von Gallenfett ($C_{28}H_{24}O + HO$), die als silberglänzende Schüppchen schon mit freiem Auge erkannt werden. Fig. 218 zeigt sie unter mässiger Mikroskopvergrösserung. Einzelne Blutgefässe erweitern sich bisweilen stellenweise oder bersten, so dass Blutextra-

Fig. 218.

Fig. 219.



vasate zum Vorschein kommen. Feste und flüssige Ausschwitzungen und Concremente gesellen sich häufig hinzu. Man bemerkt, nach Ecker, hin und wieder, dass die Wände ganzer Gruppen feiner Blutgefässverzweigungen verkalkt erscheinen. Fig. 219 giebt ein Beispiel der Art, fünfmal vergrössert dargestellt. Kalkablagerungen in den Blasenwänden kommen in allen Kröpfen häufig vor.

§. 1074. Die gesunde Schilddrüse des Erwachsenen wiegt 12 bis 25 Grm. Da Kröpfe von mehr als einem Kilogramm in sonst gesunden Bewohnern von Bergländern angetroffen werden, so sieht man, dass sich die Masse der Schilddrüse um mehr als 40mal vergrössern kann, ohne die Thätigkeit der übrigen Organe merklich zu stören. Nur die Athmung leidet oft wegen der Zusammendrückung der Luftröhre. Mässige Kropfbildungen vergehen verhältnissmässig schnell unter dem Gebrauche des Jods oder bei dem Wechsel des Aufenthaltsortes und der Lebensweise. Sie kehren ebenso rasch unter begünstigenden Bedingungen wieder. Die Aufsaugung und die Ausscheidung der Colloidmasse stossen daher auf keine bedeutende Schwierigkeiten.

Thymus.

§. 1075. Thymusdrüse. — Die verhältnissmässig beträchtliche Grösse, welche die Thymus in der letzten Hälfte des Fötuslebens besitzt, führte früher zu der Annahme, dass diese Drüse nur für den Embryo bestimmt sei, nach der Geburt hingegen rückgebildet werde. Die späteren Beobachtun-

gen von Haugsted und Simon lehrten aber, dass das Maximum der absoluten und der relativen Grösse der Thymus in das erste bis zweite Lebensjahr fällt. Ihr Durchschnittsvolumen scheint während der Kinderjahre ziemlich unverändert zu bleiben, so dass sie nur im Verhältniss zur Körpermasse immer mehr verliert. Sie geht später nach und nach zu Grunde. Hat der Mensch sein vierzigstes Lebensjahr überschritten, so pflegt man keine Spur der Thymus aufzufinden. Kleine Reste können jedoch noch in dem Fette des obersten Theiles des vorderen Mittelfellraumes der Brust (vor *c*, Fig. 24 S. 55) verborgen bleiben.

Gänge der Thymus

§. 1076. Hat man das die Thymusläppchen vereinigende Bindegewebe entfernt, so sieht man, dass sie an einem Centralcanale knospenartig hängen. Fig. 220 erläutert dieses nach einer Schemenfigur von Ecker. Die Höhlung jenes Hauptganges geht in viele Seitenäste und in ein den Läppchen entsprechendes Fachgewebe über. Die Wände des letzteren enthalten ein eigenes, von Blutgefässen durchzogenes körniges Parenchym.

Fig. 220.

Inhalt der Gänge.

§. 1077. Die Hohlräume führen eine eiweissartige Flüssigkeit nebst Kernen, denen nur sparsamere Zellen beigemengt sind. Man sieht auch noch hin und wieder concentrische Gebilde, die Fett einschliessen (Fig. 221) und sich wahrscheinlich durch die allmälige Umlagerung einzelner Schichten nach und nach vergrössern. Sie erinnern an die stärkemehlartigen Körperchen, die wir später kennen lernen werden.

Rückbildung.

§. 1078. Die Rückbildung der Thymus ist von einer reichlicheren Fettablagerung begleitet. Die Veränderung kann schon in Neugeborenen

Fig. 221.



Fig. 222. Fig. 223.



oder Säuglingen beginnen. Während sich die Seitenansicht der gewöhnlichen Thymusläppchen wie Fig. 222 gestaltet, sieht man, nach Ecker, das Bild von Fig. 223, wenn die Fettverwandelung tiefer eingegriffen hat. Die Fettkügelchen finden sich oft in so grosser Menge, dass das Ganze im durchfallenden Lichte undurchsichtig erscheint.

Bestandtheile.

§. 1079. Der flüssige Inhalt der Thymusgänge bietet eine saure Reaction dar. Der Wasserauszug der Drüse enthält, nach Gorup-Besanez, weder Kreatin ($C_8 H_9 N_3 O_4 + 2 HO$), noch Kreatinin ($C_8 H_7 N_3 O_2$) oder Inosinsäure ($C_{10} H_6 N_2 O_{10} . HO$). Sie führt einen käsestoffähnlichen Körper, Kochsalz, schwefel- und phosphorsaure Verbindungen. Gorup-

Besanez fand auch geringe Mengen eines nadelförmig krystallisirten Körpers, das Thymin, das keinen Schwefel enthält und krystallinische Verbindungen mit Schwefelsäure, Salpetersäure und Salzsäure erzeugt. Ihre Eigenschaften erinnern an das Alanin ($C_8 H_7 N O_4$), das Strecker aus Aldehyd ($C_4 H_4 O_2$) und Blausäure ($C_2 N H$) künstlich dargestellt hat.

§. 1030. Die anatomischen Verhältnisse lassen mit Recht vermuthen, dass der in der Thymus durchgreifende Stoffumsatz sein Maximum im späteren Fötusleben und während des Kindesalters erreichen wird. Die Annahme dagegen, dass er in einer besonderen Beziehung zur Milchnahrung steht, entspricht nicht den Entwickelungserscheinungen der Drüse. Junge Säugethiere, deren Thymus Restelli ausgerottet hatte, zeigten eine auffallende Gefrässigkeit und ungewöhnliche Speisegelüste. Kälber verzehrten bisweilen Fleischmassen. Die Thiere magerten rasch ab und starben früher als andere Geschöpfe derselben Art, denen man eben so grosse Wunden, doch ohne Verletzung der Thymusdrüse, beigebracht hatte.

Thätigkeit.

Ernährung.

§. 1081. Man muss die Ernährungserscheinungen unter drei verschiedenen Gesichtspunkten auffassen. Die Morphologie derselben erläutert die Formveränderungen, welche die Organe und die Gewebe nach und nach erleiden. Die Statik der Ernährungsthätigkeiten betrachtet die Gleichgewichtsverhältnisse der Einnahmen und der Ausgaben, des Zuwachses und der Abnahme der Körpermasse. Der chemische Theil der Ernährungslehre endlich behandelt den Stoffumsatz der eingeführten Nahrungsmassen und der Körpergewebe. Da sich die Entwickelungsgeschichte mit denselben Factoren, so weit sie in den verschiedenen Lebensaltern eingreifen, beschäftigen muss, so werden wir hier nur den stabiler gedachten Organismus der Erwachsenen im Auge behalten.

Verschiedene Arten von Ernährungserscheinungen.

§. 1082. Morphologische Ernährungserscheinungen. — Der Grundsatz der Natur, nur mikroskopische Gewebtheile in allen organischen Wesen anzuwenden, führt zu mehreren wesentlichen Vortheilen. Da viele Molecularwirkungen Functionen der Oberflächen sind, so wird hierdurch von vornherein ausserordentlich gewonnen. Liegen ungleichartige Gewebeelemente neben einander, so können sich ihre Ernährungseinflüsse wechselseitig unterstützen. Die Mischung verschiedener Stücke bedingt häufig neue qualitative Resultanten, die in Massen von kleinem Rauminhalte hergestellt werden. Eine fördernde oder störende Ursache, die nur auf eine Art des Gewebegemenges wirkt, kann endlich unter diesen Verhältnissen in beschränkterem Maasse thätig sein und ihre Einflüsse erst nach längerer Zeit geltend machen.

Kleinheit der Gewebe.

§. 1083. Das Blut nimmt die löslichen Bestandtheile der Nahrungsmittel und der Umsatzproducte der Körpertheile auf. Alle diese Verbindungen können in ihm unter dem Einflusse des eingeathmeten Sauerstoffes verändert werden. Es scheidet die zur Ernährung nöthigen Substanzen ab und lässt Kohlensäure, Wasser, organische und unorganische Secretionsstoffe austreten. Diese vielseitigen Wirkungen machen die Blutmasse zur Mutterlauge der Ernährungserscheinungen.

Bedeutung des Blutes.

Bestandtheile des Blutes.

§. 1084. Das kreisende Blut des lebenden Thieres besteht aus einer fast farblosen oder schwach gelblichen Grundflüssigkeit, der Blutflüssigkeit oder dem Plasma (*Liquor sanguinis s. Plasma*) und den verschiedenen Arten von Blutkörperchen (*Corpuscula sanguinis*, Taf. II. Fig. XXIII. und XXIV. *a* bis *d*), die in der Grundflüssigkeit suspendirt erhalten werden. Die Farbe des lebenden Blutes hängt vor Allem von den hämatinreichen Blutkörperchen ab. Da aber selbst die rothen verschiedene Farbennüancen darbieten und eine Menge weisser oder farbloser hinzukommt, so folgt, dass die Blutfarbe und die Menge der Blutkörperchen zwei ungleichwerthige Grössen sind. Das Hämatin löst sich in Wasser. Der Wassergehalt des aus der Ader gelassenen Blutes kann daher ein drittes verwirrendes Moment hinzufügen. Der Vorschlag von Welcker, die Blutfarbe einer Mischung von Blut und verdünntem Weingeist zur Schätzung der Menge der Blutkörperchen oder gar der Blutquantität eines Thieres zu benutzen, ruht daher auf keiner sicheren Grundlage.

Gerinnung des Blutes.

§. 1085. Die Ausscheidung des Faserstoffes führt zur Gerinnung des Blutes. Bliebe das stillstehende Blut unverändert, so würden sich die Blutkörperchen zu Boden senken, weil sie keine grössere Eigenschwere als die Blutflüssigkeit besitzen. Die Zähigkeit der letzteren könnte jenen Masseneinfluss nicht überwinden. Hat man aber das Blut zur Ruhe gebracht, so schlägt sich noch gewöhnlich ein Eiweisskörper der Blutflüssigkeit unter der Form des Faserstoffes nieder. Fällt der Austritt desselben in die Zeit, in der sich die Blutkörperchen noch nicht gesenkt haben, so werden die Faserstoffmassen, die sich an allen Punkten abscheiden, die meisten Blutkörperchen zwischen sich fassen. Das Blut erstarrt daher im Anfange scheinbar im Ganzen oder zu einem grossen Theile zu einer rothen lederartigen Masse. Es sondert sich später in einen festen Theil, den Blutkuchen (*Placenta sanguinis s. Cruor*) und einen flüssigen oder das Blutwasser (*Serum*), weil sich der Faserstoff zusammenzieht und einen Theil des in ihm eingeschlossenen Serum auspresst. Der Kuchen umfasst die Summe des Faserstoffes, der Blutkörperchen und der beide durchtränkenden Flüssigkeit, während das Serum der ursprünglichen Blutflüssigkeit minus dem als Faserstoff ausgetretenen Eiweisskörper entspricht. Es pflegt nur sehr wenige Blutkörperchen als zufällige mechanische Gemengtheile einzuschliessen.

Speckhaut.

§. 1086. Gerinnt die Blutmasse nicht, so erhält man einen lockeren Bodensatz, der aus den gesenkten Blutkörperchen besteht. Man sieht dieses z. B. an dem Menstrualblute gesunder Frauen. Greift die Ausscheidung des Faserstoffes, nachdem schon die Senkung der Blutkörperchen begonnen hat, ein, so werden die obersten Faserstoffschichten keine Blutkörperchen zwischen sich fassen und ihre natürliche gelblichere Farbe beibehalten. Man hat daher zwei Theile des Blutkuchens, einen oberen gelben, die Speckhaut oder die Entzündungshaut (*Crusta inflammatoria*), und einen unteren rothen. Die älteren Aerzte sahen häufig diese Gerinnungsart als einen Begleiter der Entzündungserscheinungen an. Sie fehlt aber häufig genug in entzündlichen Krankheiten und tritt in vielen anderen Fällen, z. B. in dem Blute Schwangerer und sonst gesunder Menschen, auf. Man kann sie künstlich erzeugen, wenn man den Gerinnungsprocess verzögert. Fängt

man grössere Blutmengen des Pferdes in erwärmten Holzgefässen auf, so erhält man immer eine dicke Speckhaut. Das Blut kühlt dann bei der schlechten Wärmeleitung des Holzes langsamer ab. Es gerinnt daher weniger rasch. Eine merkliche Zeit verstreicht zwischen dem Anfange der Senkung der Blutkörperchen und der Ausscheidung des Faserstoffes. Man sieht hieraus, dass die Anwesenheit oder die Abwesenheit einer Speckhaut des Aderlassblutes wenig beweisen kann.

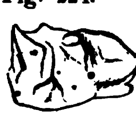
Faserstoffcoagula.

§. 1087. Kommt das Blut in der Leiche zur Ruhe, so führt häufig die langsame Abkühlung desselben zur Ausscheidung gelber Faserstoffmassen, während eine Mengung von Serum und Blutkörperchen nebenbei vorhanden ist. Solche gelbe, mit blutigem Wasser gemengte Fibringerinnsel füllen oft die Höhle der rechten oder linken Herzkammer. Aeltere Aerzte haben sie häufig mit Polypen verwechselt.

Faserstoffschollen.

§. 1088. Die mikroskopische Untersuchung des geronnenen Faserstoffes zeigt eine gelbliche gleichartige Masse, die sich leicht in Falten legt, in scheinbare bandartige Streifen zerfällt und daher das trügerische Aussehen eines faserigen Baues (Taf. II. Fig. XXV. *a*) darbietet. Hat man kleinere Mengen desselben unter Blutwasser zerrupft, so sieht man nicht selten platte Blättchen, wie sie Fig. 224 vergrössert darstellt. Diese von Nasse beobachteten Faserstoffschollen können leicht mit losgestossenen Epithelialblättchen (Taf. II. Fig. XXXI.) verwechselt werden. Geschichtete Körperchen, wie sie Fig. 221 S. 326 darstellt, kommen, nach Hassal, in älteren Blutgerinnseln ausnahmsweise vor. Man findet dagegen häufiger Körnchen, Oeltröpfchen oder ihnen ähnliche helle Bläschen und sehr kleine Gebilde, die doppelbrechende Eigenschaften besitzen und daher in dem dunkleren Gesichtsfelde des Polarisationsmikroskopes (§. 251) weiss oder farbig glänzen.

Fig. 224.



Schlagen des Blutes.

§. 1089. Schlägt man die aus der Ader geflossene Blutmasse, so hindert die fortwährende Unruhe, dass der sich ausscheidende Faserstoff Blutkörperchen zwischen sich fasst. Er bleibt daher als gelbliche streifige Masse an den Ruthenzweigen, deren man sich zu bedienen pflegt, hängen. Man hat dieses Mittel häufig benutzt, um die Quantitäten des Faserstoffes zu bestimmen. Alle solche Analysen liefern ungenaue Werthe, weil kleine Faserstoffmassen mit den sich später senkenden Blutkörperchen vermengt bleiben.

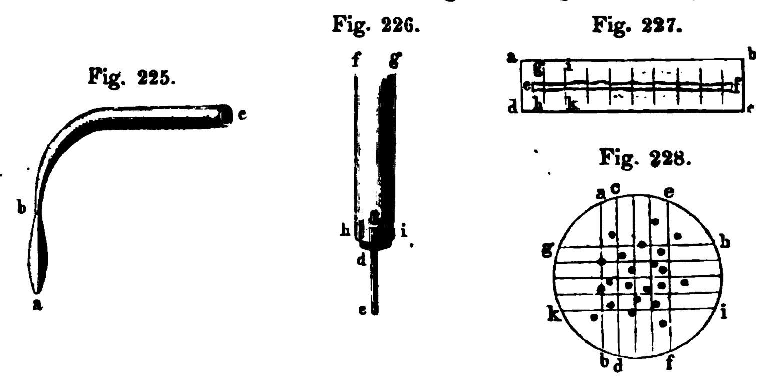
Verzögerung der Gerinnung.

§. 1090. Kaustische und kohlensaure Alkalien, vorzüglich das einfach kohlensaure Natron ($NaO \, . \, CO_2 + 10 HO$) und viele Salze, wie der Salpeter ($KO \, . \, NO_5$), das Glaubersalz ($NaO \, . \, SO_3 + 10 HO$), schieben den Anfang der Gerinnung weiter hinaus. Man findet auch häufig, dass das Blut von Personen, die vom Blitz getroffen worden oder an Zersetzungskrankheiten des Blutes zu Grunde gegangen, und das von Thieren, die man zu Tode gehetzt hat, Tage lang ungeronnen bleibt. Diese Erscheinungen hängen übrigens oft von sehr zarten Nebenbedingungen ab. Während das Blut von Murmelthieren, die sich im Winterschlafe befinden, leicht gerinnt, habe ich einmal eine Blutmasse erhalten, die erst einen Kuchen nach mehr als 24stündigem Stehen an der Luft absetzte.

Zählung der Blutkörperchen.

§. 1098. **Vierordt** hat den Versuch gemacht, die einem bestimmten Blutvolumen entsprechende **Menge von Blutkörperchen** zu zählen. Er verdünnt dabei die Blutmasse in einem bekannten Verhältnisse, um die Arbeit abzukürzen.

Eine Pipette, deren Volumen von *a*, Fig. 225, bis zur Marke *b* bestimmt worden (§. 739) und z. B. 10 Cubikmillimeter beträgt, wird bis *b* mit frischem Blute gefüllt und mit einer wässerigen Lösung, in der 2,25 Grm.



Zucker und 0,16 Grm. Kochsalz für 100 C. C. Flüssigkeit enthalten sind, um das 680fache verdünnt. Hat man das Ganze umgerührt, so nimmt man eine Probe der möglichst gleichförmigen Mischung in einer Capillare *de*, Fig. 226, auf, misst die Länge derselben unter dem Mikroskope und berücksichtigt die wegen der Meniscusform (§. 739) nöthigen Verbesserungen bei der späteren Volumensberechnung. Die nur kurze Capillare muss einen möglichst gleichen Querschnitt zwischen *d* und *e* besitzen. Sie ist in der grösseren Röhre *fghi* mit Kork eingefügt.

Man bläst die Probe neben einem vorher angebrachten Tropfen einer 20procentigen wässerigen Gummilösung auf einem Glase *abcde*, Fig. 227, rührt beide Flüssigkeiten mit einer feinen Nadel um, zieht einen länglichen Streifen *ef* aus und lässt das Ganze eintrocknen.

Man nimmt die spätere Zählung am besten unter einem Mikroskope vor, dessen Oculardiaphragma ein paar parallele Spinnwebe- oder Platinfäden oder eine Reihe regelmässiger Quadrate enthält. Die Fig. 228 sichtbaren Abtheilungen des Gesichtsfeldes liefern gute Anhaltpunkte, um vor Irrungen zu schützen und mit dem Zählen beliebig aufhören zu können. Die senkrechten Striche des Glases *gh*, *ik* u. s. w., Fig. 227, geben die nöthigen Merkzeichen bei der nach und nach nothwendiger werdenden Verschiebung des Streifens *ef*, der Mischung verdünnten Blutes und Gummilösung. Da man das ursprüngliche Blutvolumen, die Verdünnung, den Rauminhalt der in der Capillarröhre fortgenommenen Probe und die Blutkörperchenmenge der letzteren kennt, so lässt sich leicht berechnen, wie viel Blutkörperchen auf eine Volumenseinheit frischen Blutes kommen.

Man kann sich bei der praktischen Ausführung überzeugen, dass manche von einzelnen Forschern hervorgehobene Beobachtungsfehler die von ihnen vermuthete Höhe nicht erreichen. Die Verdunstung, die bis zum Augenblicke der Auftragung des Blutes auf der Glasplatte eingreift und die Feh-

ler der Meniscuscorrection sind im Ganzen unbedeutend. Die Unrichtigkeiten, welche die Adhäsion der Flüssigkeit an den Innenwänden der Pipette, Fig. 225, und der Capillare *de*, Fig. 226, erzeugt, lassen sich durch wiederholtes Ein- und Ausziehen neuer indifferenter Flüssigkeitsmassen sehr herabsetzen. Die gleichförmige Mengung bildet eine bedeutendere Klippe. Die Doppelbestimmungen von Vierordt lehren jedoch, dass sie sich befriedigender, als man erwarten sollte, vermeiden lässt. Das Zusammenballen einzelner Haufen von Blutkörperchen verdirbt hin und wieder einzelne Blutproben gänzlich.

§. 1099. Das ganze Verfahren liesse sich wahrscheinlich durch ein nach Art eines Compressoriums eingerichtetes Sphärometer vereinfachen. Dieses würde die Dicke eines zwischen zwei Glasplatten zusammengepressten Bluttropfens bestimmen. Hätte man nun z. B. ein aus 25 Einzelquadraten bestehendes Netz *ahfg*, Fig. 228, im Oculardiaphragma, so lieferten diese die Flächen für die Partialvolumina des Blutes, deren Dicke das Sphärometer angegeben hat. Die Abzählung der Blutkörperchen *m* jedes einzelnen Quadrates würde über den Grad der Ungleichförmigkeit der Vertheilung der Körperchen Aufschluss geben. Bedeckt man einen Blutstropfen mit einem möglichst ebenen Glasplättchen, so sieht man die Blutkörperchen der Säugethiere ziemlich gleichförmig in den einzelnen Quadraten eines solchen Fadenkreuzes zerstreut.

§. 1100. Vierordt hat verhältnissmässig sehr übereinstimmende Resultate in einer grösseren Reihe von Zählungen seines eigenen Blutes erhalten. Die Differenzen betrugen nur 1 bis 5 % der Mittelgrössen. Man kann hiernach annehmen, dass 1 Cubikmillimeter ungefähr 5 Millionen Blutkörperchen enthält. Eine Reihe von Kaninchen dagegen führte zu Einzelwerthen, die um mehr als das Doppelte gegenseitig abwichen. Das Blut der Drosselvene eines Kaninchens lieferte z. B. 2759000 und das eines anderen 6031000 Körperchen für einen Cubikmillimeter.

Menge der Blutkörperchen.

§. 1101. Die Blutkörperchen des Menschen sind an beiden Hauptflächen ausgehöhlt (Taf. II. Fig. XXIV. *a*). Berechnet man ihre Oberfläche als die eines Cylinders, der eine der beiden Hauptflächen zur Basis und die Dicke der Blutkörperchen zur Höhe hat, so erhält man kleinere Werthe als in der Wirklichkeit vorhanden sind. Nun beträgt der mittlere Querdurchmesser eines menschlichen Blutkörperchens $^1/_{140}$ Mm., während seine durchschnittliche Dicke $^1/_{625}$ Mm. gleicht. Die fünf Millionen Blutkörperchen, die sich in einem Cubikmillimeter Blut befinden, haben daher mehr als 320,3 Quadratcentimeter freie Oberfläche.

Oberflächengrösse.

§. 1102. Die Menge der Blutkörperchen nimmt, nach Vierordt, während des Winterschlafes der Murmelthiere beträchtlich ab. Ein und dasselbe Thier lieferte 5744000 Körperchen am Anfange der Erstarrungszeit, 5107000 fünf Wochen später und nur 2356000 einen Monat darauf für je einen Cubikmillimeter seiner Blutmasse.

Aenderungen während des Winterschlafes.

§. 1103. Es gehört zu den seltneren Ausnahmen, wenn reichliche Aderlässe die Menge der Blutkörperchen nicht herabsetzen. Kleine Blutverluste dagegen wirken in dieser Hinsicht unbedeutend ein. Liess Vierordt Kaninchen und Hunde verbluten, so zeigte sich, dass die Zahl der Blutkörperchen ungefähr auf 52 % des ursprünglichen Werthes bei dem

Einfluss der Aderlässe.

Eintritte des Todes gesunken war. Ein junges und schwaches Kaninchen starb jedoch auch schon bei 68 %. Aderlässe von 4 bis 8 Unzen werden im Menschen nur unbedeutend, solche des doppelten Gewichtes dagegen nachdrücklich auf die Menge der Blutkörperchen einwirken.

Menge der farblosen Körperchen.

§. 1104. Diese Zählungen umfassen alle Körperchen ohne Unterschied. Man hat auch Versuche gemacht, die relativen Mengen der farblosen und der gefärbten Blutkörperchen (Taf. II. Fig. XXIV. *b c* und *a*) in einzelnen Blutstropfen zu bestimmen. Diese Bemühungen schliessen nicht unbedeutende Fehlerquellen in sich. Die nicht immer sichere Unterscheidung der beiden Gruppen von Körperchen, die nach den Orten der Blutentziehung wechselnden Verhältnisse und die zufällige Vertheilung in dem ins Auge gefassten Abschnitte des geprüften Tropfens erschweren die Bestimmung zuverlässiger allgemeiner Mittelwerthe in hohem Grade.

§. 1105. Drückt man die Zahl der farblosen Körperchen des aus einer Fingerwunde strömenden Blutes in Procenten der farbigen aus, so lieferten, nach Moleschott, Knaben von $2^1/_2$ bis 12 Jahren durchschnittlich 0,45 %, Jünglinge 0,3 %, Männer 0,29 % und Greise 0,26 %. Mädchen gaben 0,4 %, wenn sie ihre Regeln hatten, und 0,26 % in der Zwischenzeit. Der Blutverlust und eine lebhaftere Nahrungseinnahme können die farblosen Körperchen im Blute der menstruirenden Frau vergrössern. Schwangere boten den ebenfalls hohen Werth von 0,36 % dar. Während die Quantität der blassen Blutkörperchen auf 0,21 % vier Stunden nach dem Frühstücke gesunken war, hatte sie sich auf 0,28 % zwei Stunden nach dem Genusse von Kartoffeln, Reis und Aepfeln und auf 0,35 % dieselbe Zeit nach einer aus Rindfleisch, Bohnen und Brot bestehenden Mahlzeit gehoben. Man kann im Allgemeinen annehmen, dass das Menschenblut 350 bis 400 farbige Blutkörperchen auf ein farbloses zu führen pflegt. Ein Cubikmillimeter Blut wird hiernach ungefähr 13000 farblose Körperchen enthalten.

Blutflecke.

§. 1106. Der Gerichtsarzt soll häufig bestimmen, ob ein verdächtiger Fleck von Blut oder von einer anderen Masse herrührt. Die geringen Mengen, mit denen man es in der Regel zu thun hat, und die nachträglichen Zerstörungen, die nicht selten im Laufe der Zeit stattgefunden, lassen alle gröberen chemischen Bestimmungsmethoden scheitern. Diese können überdies im günstigsten Falle nur anzeigen, ob Blut überhaupt vorhanden ist, nicht aber die Thierclasse, von der es stammt, näher angeben.

§. 1107. Das Mikroskop führt einen Schritt weiter, ohne jedoch gerade den wichtigsten Punkt mit Sicherheit erledigen zu können. Es giebt mit Bestimmtheit an, ob man es mit Rost oder mit Blut zu thun hat. Stärkemehl, Cellulose und ähnliche Verbindungen werden mit Jod und Schwefelsäure nachgewiesen. Man erkennt den Speichel an den durchsichtigen Epithelialblättchen (Taf. II. Fig. XXXI.), die man jedoch nicht mit ähnlichen, an verrosteten Eisenstücken bisweilen vorkommenden mikroskopischen Bruchstücken verwechseln darf. Der Koth (Taf. I. Fig. XVII.) und der Harn (Taf. VII. Fig. IC. bis Fig. CII.) verrathen sich durch ihre Rückstände. Die Blutkörperchen lassen noch im vertrockneten Zustande entscheiden, ob sie von einem Säugethiere (Taf. II. Fig. XXIV.) oder einem niederen Wirbelthiere (Taf. II. Fig. XXIII.) herrühren. Weicht man das

Ganze auf, so muss man hierzu Zucker- oder Kochsalzlösung und kein reines Wasser nehmen, um nicht die Formen wesentlich zu ändern.

§. 1108. Das Mikroskop lässt es unentschieden, ob der Blutfleck dem Blute eines Menschen oder eines Haussäugethieres angehört. Man hat zwar die mikrometrische Bestimmung des Durchmessers der trockenen Blutkörperchen als ein sicheres Kennzeichen empfohlen. Der mittlere Durchmesser der Blutkörperchen des Menschen gleicht $^1/_{140}$ Mm., während der Hund $^1/_{131}$, die Katze $^1/_{173}$, das Schwein $^1/_{166}$, das Pferd $^1/_{186}$, der Esel $^1/_{158}$, das Rind $^1/_{170}$, das Schaf $^1/_{209}$ und die Ziege $^1/_{250}$ Mm. darbieten. Die Schwankungen der Einzelwerthe und die Veränderungen bei dem Eintrocknen hindern aber jedes sichere Urtheil. Man wird im günstigsten Falle vermuthungsweise schliessen können, dass sehr kleine Blutkörperchen einem Wiederkäuer angehörten.

Reduction der getrockneten Blutkörperchen.

§. 1109. Da die Blutkörperchen keine Cylinder, sondern Meniscusformen von unbekannten Krümmungshalbmessern in dem Menschen und den Säugethieren bilden, so lässt sich ihr Rauminhalt nach mikrometrischen Messungen nicht bestimmen. Die Volumensabnahme, die sie bei dem Eintrocknen erleiden, kann unter diesen Verhältnissen noch weniger ermittelt werden. Die Angabe, dass man die auf chemischem Wege angeblich gefundene Menge der trockenen Blutkörperchen, d. h. die Differenz der Gewichte des trockenen Blutkuchens und des durch Schlagen einer Blutprobe erhaltenen und getrockneten Faserstoffes (§. 1089) mit 4 multipliciren solle, um die Quantität der frischen zu erhalten, hat deshalb keinen Boden. Alle hieraus abgeleiteten Versuche, die Bestandtheile der Blutflüssigkeit und der Blutkörperchen gesondert zu berechnen, tragen das Gepräge subjectiver Deutungen an sich.

Untergang der Blutkörperchen.

§. 1110. Die Lymphe führt immer eine Menge von Körperchen dem Blute zu (§. 395). Da die Festgebilde die Gefässwände nicht durchdringen, so folgt, dass das Blut mit dichten Gemengtheilen überladen würde, wenn nicht viele derselben zu Grunde gingen. Man sieht hieraus, dass nicht nur die Stoffe der Blutflüssigkeit, sondern auch die festen Körperchen des Blutes anhaltend wechseln.

§. 1111. Die Frage, wie diese Veränderung zu Stande kommt, lässt sich nach mikroskopischen Untersuchungen nicht entscheiden. Man nimmt gewöhnlich an, dass die farblosen Blutkörperchen nach und nach in gefärbte übergehen, während ein Theil von diesen aufgelöst wird. Der mit der Athmung eingeführte Sauerstoff begünstigt vielleicht die Umwandlung der Lymphkörperchen in rothe Blutkörperchen (§. 395). Die Angaben, dass die ältesten Blutkörperchen der Frösche ihre Kerne verlieren und dann in der Leber verschwinden, hat sich in späteren Untersuchungen nicht bestätigt. Die Hypothese, dass Blutkörperchen in der Leber (§. 922) oder der Milz (§. 1062) des Erwachsenen entstehen oder vergehen, ruht auf keinen sicheren Grundlagen. Das Wahrscheinlichste ist, dass der eingeathmete Sauerstoff die Bildung rother Blutkörperchen so lange als möglich begünstigt. Der Anfang der Umwandlung wird in den Lungen beginnen, sich aber in dem von ihnen herabströmenden Blute weiter fortsetzen.

Blutgefässlose und gefässhaltige Gewebe.

§. 1112. Zahlreiche Blutgefässe durchziehen die meisten Gewebeansammlungen unseres Körpers. Nur die Horngebilde, wie die Oberhaut oder die Epidermis, die Nägel, die Haare und die Epithelien, und einzelne andere Theile, wie die Schichten der Krystalllinse machen in dieser Beziehung eine Ausnahme. Sie gehören zu den blutgefässlosen Geweben, während die übrigen die Gruppe der gefässhaltigen bilden. Da die Verbreitung der Blutgefässe der der Nerven parallel geht, so schmerzt auch nicht die Verletzung der blutgefässlosen Körpertheile.

Ernährungsflüssigkeit.

§. 1113. Die Ernährungsstoffe treten aus dem Blute aus. Sie mischen sich mit der die Gewebe durchtränkenden Lösung, der Ernährungs- oder der Nutritionsflüssigkeit, die einen Theil ihrer Verbindungen an die Gewebe abgiebt und andere von ihnen aufnimmt. Ist eine Gewebemasse von Blutgefässen durchzogen, so können zu ihr die Blutbestandtheile auf kürzerem Wege als im entgegengesetzten Falle gelangen. Dieser Gangunterschied führt aber zu anderen Folgewirkungen.

Ernährung der blutgefässlosen Gewebe.

§. 1114. Gesetzt, *a*, *b*, *c*, *d*, Fig. 229, seien die Schichten eines Horngewebes, während *e* die blutgefässreiche Unterlage oder die Matrix bildet, so kann *c* nur das, was *d* übrig gelassen hat, *b* den Rest von *c* und *a* den von *b* aufnehmen. Lägen dagegen andere blutgefässreiche Schichten zwischen *a* und *b*, *b* und *c*, *c* und *d*, so würde eine unmittelbarere Aneignung möglich sein. Die Ernährung der blutgefässlosen Gewebe fusst daher auf dem Principe der stufenweisen Uebertragung, während die der blutgefässreichen unmittelbarer vor sich geht.

Fig. 229.

§. 1115. Dieser Unterschied bleibt nur relativ, weil sich immer eine Gruppe gröberer Gewebeelemente zwischen je einem Haargefässnetze hinzieht. Ein Capillarnetz umspinnt eine Anzahl von Muskel- oder Nervenfasern, grössere Massen von Bindegewebe, eine ganze Reihe von Leberzellen und dergl. mehr. Die ersten Nachbaren werden auch hier den Vorrang haben.

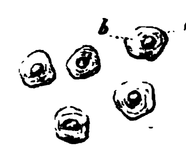
Oberhaut.

§. 1116. Die Oberhaut (Taf. IV. Fig. LXII. *a b*), welche die Lederhaut (*d*) bekleidet, besteht aus der Hornschicht und dem Malpighi'schen Schleime. Jene enthält eine Reihe von Lagen von Epithelialblättern, von denen die ältesten (*a*) an der Oberfläche liegen. Die Schleimschicht führt die jüngsten Zellgebilde. Ein fortwährender Wechsel greift hierbei allmälig durch. Die ältesten Zellen, *a*, Fig. 229, die ihren gegenseitigen Zusammenhang grösstentheils aufgeben, gehen nach und nach verloren. Die Matrix *e* erzeugt neue Ersatzzellen, während sich *d*, *c* weiter entwickeln. Die Wiederholung dieses Herganges bedingt es, dass wir eine andere Oberhaut, wie früher, nach einiger Zeit besitzen. Schneidet man ein Stück aus den oberen Epidermislagen aus, so bleibt die Lücke. Sie wird aber um so flacher, je mehr Schichten losgestossen werden und schwindet, wenn die Lage, die ihren Boden bildet, die Oberfläche erreicht hat.

§. 1117. Die Zellen des Malpighi'schen Schleimes sind rundlich oder polygonal und führen Kerne, die ein röthliches Aussehen bei durchfallendem Lichte darbieten. Sie schliessen eine eiweisshaltige Masse ein und werden von Alkalien leicht angegriffen. Sie gehen später in platte Blät-

chen über, *a*, Fig. 230, während ihr Kern an Umfang zunimmt und eine länglich runde Form häufig erhält. Die Wandungen gewinnen ein streifiges Aussehen und zeigen körnige Ablagerungen an einzelnen Stellen. Sie verhornen auf diese Weise. Die Zellen werden später immer dünner. Ihr Kern verliert an Deutlichkeit. Er scheint sogar oft gänzlich zu fehlen, wird aber bisweilen kenntlich, wenn man das Ganze mit einer Lösung von kaustischem Kali oder Natron durchsichtig macht. Die ältesten Blättchen falten sich leicht und zeigen daher eine Menge von Runzeln, die sich bei der mikroskopischen Beobachtung durch Schattenlinien verrathen.

Fig. 230.



Häutung der Epidermis

§. 1118. Die nur locker zusammenhängenden ältesten Oberhautblättchen schilfern sich einzeln oder in kleinen Aggregaten los. Sie werden bei dem Reiben, dem Waschen und anderen mechanischen Eingriffen zufällig entfernt und sammeln sich zu einem weissen mehlartigen Pulver, wenn man z. B. einen gesunden Finger einige Wochen in Leinwand gebunden trägt. Die tieferen Oberhautblättchen haften inniger zusammen, weil dünne Schichten von Hornstoff oder eines Leimes sie fester zusammenhalten. Stossen sich Epidermidallagen, ehe die Verbindung ihrer Elemente gelockert worden, ab, so erhält man ausgedehntere Blätter. Zugeheilte Wunden liefern häufig grössere Bruchstücke der Art. Kinder, die Hautentzündungen, wie Scharlach oder Masern, überstanden haben, stossen häufig ihre Oberhaut in grösseren Lappen ab. Die der Hand wird oft wie ein Handschuh entfernt.

§. 1119. Die einzelnen losgeschilferten Oberhautblättchen bilden einen Hauptbestandtheil mancher Secrete. Man findet sie z. B. in reichlichster Menge in dem Ohrenschmalze (§. 850), der Vorhautsalbe und in den meisten Proben der Hautschmiere.

Verdickung der Oberhaut.

§. 1120. Viele Hautstellen, die oft einem starken Drucke ausgesetzt werden, bekommen allmälig eine dickere Oberhaut. Die Unterschiede, welche die schwielige Hand eines Schmiedes und die glatte einer Dame zeigt, erklären sich aus den Unterschieden der Quantität der Oberhautschichten und der Intensität des Verhornungsprocesses. Die Hühneraugen bestehen aus Anhäufungen von Oberhautblättchen, die oft noch von einer hornigen gleichartigeren oder körnigen Zwischenmasse zusammengehalten werden. Wäscherinnen, die täglich Stunden lang knieen, bekommen bisweilen Schwielen am Kniegelenke, in denen sich selbst Kalkmassen ablagern. Manche andere Hautstellen scheinen solche Ablagerungen weniger leicht zu erzeugen. Oberschenkelamputirte, die auf einem Stelzfusse gehen, pflegen sich eher die Haut bei anstrengendem Gehen aufzureiben.

§. 1121. Die Haut der Fusssohle, besonders der Ferse besitzt die dickste Epidermis. Da dieses schon im Embryo bemerkt wird, so folgt, dass die Erscheinung von den anatomisch gegebenen Ernährungsbedingungen ursprünglich abhängt und keine blosse nachträgliche Folge des Druckes der Körperlast bildet.

Epithelien. §. 1122. Die Oberhaut ist nichts weiter als das Epithelium der äusseren Körperfläche, dessen Zellen nach und nach stark verhornen und lufttrocken werden. Die inneren, von Flüssigkeiten umspülten Epithelien liefern meistentheils einen minder starken Verhornungsprocess. Manche von ihnen, wie die der Zunge und der Mundhöhle überhaupt, bestehen aus Schichten, wie die Oberhaut, von denen sich die ältesten nach und nach losstossen. Jeder Speicheltropfen enthält daher eine Menge von Blättchen (Taf. II. Fig. XXXI.) neben kleineren, runden körnigen Gebilden (*c d*), denen man den Namen der Speichelkörperchen mit Unrecht beilegt (§. 231). Andere Pflasterepithelien (Taf. II. Fig. XXXIII.), z. B. die der serösen Säcke, liefern keine sicheren Merkmale einer raschen Integralerneuerung.

Epithelialcylinder. §. 1123. Viele Epithelialcylinder (Taf. II. Fig. XXXV.) haben keine Ersatzzellen unter sich. Man vermisst diese z. B. an dem Epithelium der Darmzotten und der Lieberkühn'schen Drüsen. Sie finden sich dagegen in den Epithelialüberzügen mancher grösserer Ableitungscanäle von Drüsenabsonderungen, wie dem Gallenausführungsgange und dem Harnleiter. Es kommt nirgend vor, dass sich die Epithelialcylinder unter regelrechten Verhältnissen massenweise losstossen, wie die ältesten Epithelialblättchen der Oberhaut oder der Zungenoberfläche. Die Annahme, dass das Magen- oder Darmepithelium während der Verdauung verloren geht, hat sich nicht bestätigt. Reichliche Durchfälle, wie sie die Cholera begleiten, schwemmen häufig die Epithelialcylinder des Nahrungscanales fort, so dass man sie in grössten Mengen in den Entleerungen findet.

Flimmerepithelien. §. 1124. Untersucht man einen senkrechten Schnitt der Luftröhrenschleimhaut, so findet man, dass mit Kernen versehene Ersatzzellen *a*, Fig. 231, unter den Flimmercylindern liegen. Der abgeschabte Schleim enthält daher auch mit solchen Ersatztheilen zusammenhängende Flimmercylinder *b*, Fig. 231, neben isolirten (Taf. II. Fig. XXXV. *a b c*). Während die Unterlagszellen mehrfache Schichten in dem Epithelium der Luftröhre bilden, scheinen sie in vielen anderen Flimmerepithelien gänzlich zu fehlen.

Fig. 231.



§. 1125. Das Flimmerepithelium der Gebärmutterschleimhaut wird mit jeder Menstruation zerstört und erzeugt sich später von Neuem wieder. Die vorgerückteren Epochen der Schwangerschaft vernichten es ebenfalls. Hat der Blutabgang des Wochenbettes aufgehört, so wird es wiederum hergestellt. Die übrigen Flimmerepithelien dagegen scheinen stabiler zu sein. Es kommt nur unter krankhaften Verhältnissen, z. B. am Anfange des Schnupfens vor, dass das Flimmerepithelium der Nasenhöhlen mit der wässerig schleimigten Absonderung davongeht. Der Auswurf kann Flimmerepithelien der Athmungswege enthalten. Dauert der Krankheitsprocess fort, so bilden sich keine neue Flimmercylinder. Die Entleerungen führen nur zellige Gebilde, wie man sie sonst in den tieferen Ersatzschichten antrifft. Das Flimmerepithelium kehrt erst nach dem Aufhören des Krankheitsprocesses wieder.

Nagel.

§. 1126. Ein dünner Abschnitt des frei hervortretenden Randes oder der Oberfläche des Nagels zeigt unter dem Mikroskope eine von vielen Schattenlinien durchzogene Masse (Taf. II. Fig. XXXVII.), die eine körnige Structur an einzelnen Stellen darzubieten scheint. Die dunkelen Linien sind nicht immer der Ausdruck von Blättern. Sie entstehen häufig durch Sprünge oder Risse, die der Zug des Messers hervorgebracht hat. Kocht man aber die Nagelmasse mit Schwefelsäure, einer Auflösung von Kali oder von Natron, so findet man eine Menge von durchsichtigen, meist mit Kernen versehenen Blättchen (Taf. II. Fig. XXXVIII.) theils isolirt, theils haufenweise verbunden. Jene Reagentien lösen den aus Hornmasse bestehenden Kitt und die hornigten Bestandtheile der Zellenwände auf. Der Nagel kann daher als eine eigenthümliche Epidermisbildung angesehen werden.

Nagelbett.

§. 1127. Die Matrix oder das Nagelbett findet sich unter der Nagelfläche. Die Lederhaut bildet hier eine Menge von Längserhabenheiten, die durch Furchen wechselseitig getrennt werden. Die Elemente der Hornsubstanz des Nagels folgen den Bergen und Thälern, jedoch so, dass der Unterschied der Höhen und der Tiefen an der äusseren Oberfläche geringer als an der inneren ausfällt. Die Aussenseite des Nagels zeigt daher nur stärkere oder schwächere Längsstreifen.

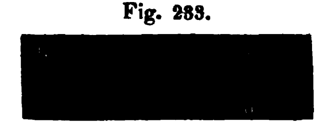
§. 1128. Eine jede Erhabenheit des Nagelbettes entspricht einem geradlinigten Höhenzuge von Tastwärzchen (Taf. IV. Fig. LXII. *ab*, *cd*). Wie jedes von diesen eine Blutgefässschlinge enthält (*e*), so sieht man eine Reihe von Schlingen, die Fig. 232 zum Theil umgelegt darstellt, in jeder Längserhabenheit des Nagelbettes. Die jüngsten Nagelzellen entwickeln sich unmittelbar über der Matrix. Ihre äussersten Randbegrenzungen stossen an die jüngsten Schichten der benachbarten Oberhauttheile.

Fig. 232.

Wachsthum des Nagels.

§. 1129. Wüchse der Nagel wie die Oberhaut fort, so würde seine Dicke *ab* und *cd*, Fig. 233, in der ganzen Ausdehnung des Nagelbettes *ad* in der Richtung von *a* nach *b* zunehmen. Die freie Fläche *bc* müsste abgeschnitten oder sonst entfernt werden, wenn eine beständige Grösse *ab* herauskommen sollte. Wir wissen, dass dieses nicht der Fall ist. Der Nagel erzeugt einen freien Rand *cgd*, der die ältesten, zur Entfernung reifen Hornbildungen enthält. Dieses lässt sich nach dem Parallelogramm der Kräfte erklären.

Fig. 233.



§. 1130. Die Nagelwurzel *a* bildet eine gewisse Zahl von Nagelzellen, welche die schon vorhandene Nagelmasse in der Richtung *ad* fortschieben. Das Nagelbett *ad* liefert andere, welche die Bewegungsrichtung *ab* zur Folge haben. Führt die Wurzel zur Verschiebung *af* in der gleichen Zeiteinheit, in der das Nagelbett die Grösse *ab* bedingt, so wird die Nagelmasse um die Länge und in der Richtung *ae* fortrücken. Da *af* dem Cosinus und *ab* dem Sinus des Winkels α entspricht, so muss *af* um so mehr vorherrschen, je kleiner α wird oder je mehr die Thätigkeit der Wurzel die des übrigen Nagelbettes übertrifft. Es wird daher ein freier Rand um so eher vorgeschoben.

Der Wurzeltheil und ein kleiner benachbarter Abschnitt des Nagelbettes liefern Nagelzellen, welche die Verschiebung in der Richtung *a d* einleiten. Die Bildungen des Nagelbettes, von denen die Richtung *a b* abhängt, greifen weniger kraftvoll durch, sei es, dass sie in der Zeiteinheit sparsamer auftreten oder dass ihre Zellen binnen Kurzem platter werden und daher ein geringeres Dickenäquivalent liefern. Die Zunahme der Dicke des Nagels nimmt daher schnell ab, wenn wir von der Wurzel nach dem freien Rande fortschreiten. Die Thätigkeit der Wurzel liefert gleichsam eine keilförmige Masse, die an der Spitze stärker wächst und die übrige Hornsubstanz in der Richtung *a d* vorschiebt. Die ältesten Horntheile kommen daher an dem Rande zum Vorschein. Die tieferen Lagen rücken dabei mit grösserer Geschwindigkeit als die höheren in der Richtung *a d* vorwärts.

§. 1131. Lässt man den Nagel frei hervorwachsen, so erinnert die Form seines Randes an die Gestalt der Grenze des Nagelbettes. Die bogigte Begrenzung, die wir ihm bei dem Abschneiden geben, entspricht daher nicht den natürlichen Verhältnissen. Er wächst langsamer hervor, wenn er längere Zeit nicht mehr verkürzt worden, und kann sich endlich krümmen oder in die benachbarten Weichtheile eingedrückt werden. Die weisse Farbe des Wurzeltheiles oder des Mondes (*Lunula*) und die oft mit dem ferneren Wachsthume des Nagels vorrückenden hellen Flecke rühren von einer unvollständigeren Verhornung her.

Entartung der Nägel.

§. 1132. Krankheiten des Nagelbettes führen zu unregelmässigen Nagelformen. Die blätterigen und die schuppigen Nägel kommen unter solchen Verhältnissen zum Vorschein. Kölliker fand dann die Haargefässe mit Fettmolecülen gefüllt und scheinbar unwegsam. Ist der Nagel verloren gegangen oder losgestossen worden, so bilden sich oft neue Nagelzellen ziemlich langsam nach.

Neubildung der Nägel.

§. 1133. Hat ein Mensch einen letzten Fingerphalanx eingebüsst, so pflegt das Ende des Stumpfes keinen Nagel zu erzeugen, weil die eigenthümliche Organisation des Nagelbettes in seiner Lederhaut fehlt. Es kommt aber ausnahmsweise vor, dass sich ein unvollkommener Nagel nach und nach bildet. Die Tastwärzchen der gewöhnlichen Lederhaut arbeiten daher dann ähnlich, wie ihre Stammverwandten, die Höhenzüge des Nagelbettes. Man hat noch nicht untersucht, ob sie dann auch ähnliche anatomische Verhältnisse darbieten.

Haare.

§. 1134. Der Hornschaft des Haares besteht aus einem freien, über der Haut hervorragenden Abschnitte und dem in dieser verborgenen untersten Theile, dem Haarknopfe, der die jüngsten Hornbildungen einschliesst. Der vollständiger entwickelte Horntheil trägt nach aussen ein dünnes Epithelium, die Oberhaut des Haares (Taf. II. Fig. XXXIX. *a*). Die Ränder der einzelnen, zum Theil dachziegelartig über einander liegenden Epithelialzellen erzeugen daher bogigte zusammenstossende Linien, die um den Umkreis des Haares herumgehen. Viele dieser Epithelialblättchen schilfern sich los. Sie stehen häufig an einzelnen Stellen halbseitig hervor (*e*) oder haften nur locker an ihren Nachbargebilden. Die Hauptmasse des Haares ist die scheinbar längsgefaserte Rinde (*b*). Sie enthält an einzelnen Stellen einen Hohlraum, den Markcanal. Dieser kann einzelne dunkele Zellen (*d*)

oder ganze Reihen und Gruppen derselben (c), die Luft oder Pigment führen, einschliessen.

§. 1135. Rollt man ein Haar, das eine Zeit lang in Schwefelsäure gelegen hat, zwischen zwei Glasplatten hin und her, so zerklüftet sich der Theil der Rinde, dessen Hornkitt die Säure entfernt hat, in eine Reihe länglicher Plättchen. Diese Rindenelemente, die im Allgemeinen der Länge nach verlaufen, können Pigmentzellen oder schmale, mit Luft gefüllte Lücken zwischen sich haben. Einzelne Zwischenräume sondern oft die Zellen des Markes.

Farbe der Haare.

§. 1136. Die dem freien Auge kenntliche Haarfarbe bildet die Resultante der ursprünglichen Färbung der Rindenmasse, der in ihr vorhandenen Einlagerungsgebilde (§. 1137) und des Inhaltes des etwa vorhandenen Markcanales. Die Rinde liefert den Hauptgrund, in den die Färbung der übrigen Theile eingetragen werden. Die rein grauen Haare besitzen eine grauweisse, die hellblonden eine gelbliche, die rothen eine gelbrothe oder rothe und die schwarzen Haare eine braune Rindenmasse. Alle diese Färbungen müssen aber dem freien Auge dunkeler erscheinen, wenn zahlreiche Pigmentzellen der Rinde oder des Markes viel Schwarz hinzufügen. Man findet daher bei der mikroskopischen Prüfung, dass viele Haare, die dem freien Auge braun erscheinen, ihrer Rindensubstanz nach blond oder roth sind.

§. 1137. Wird das blonde Haar des Kindes nach und nach braun, so pflegt dieses im Anfange von eingelagerten Pigmentmassen und später erst von einer tieferen Färbung der Rindensubstanz herzurühren. Das Grauwerden beruht immer auf einer Umwandlung der Rinde. Die Erzählungen, dass Haare durch Schreck plötzlich ergrauten, gehören wahrscheinlich zu den Fabeln. Eine so rasche Veränderung der schon farbigen Hornsubstanz der Haarrinde ist physiologisch unwahrscheinlich. Das hin und wieder gebrauchte Mittel, die grauen Haare durch Höllensteinpomaden schwarz zu färben, beruht darauf, dass sich das am Lichte sich schwärzende Hornsilber aus den Chlorverbindungen der Haarsubstanz erzeugt.

Wachsthum der Haare.

§. 1138. Da die Bildungsstätte der neuen Haarmasse in der Lederhaut liegt, so wird der hornige Haarschaft immer weiter vorgeschoben. Wir haben daher hier ein einseitiges Längenwachsthum, das im Grunde mit der senkrechten Fortbildung der Oberhaut der Hauptrichtung nach übereinstimmt. Die Geschwindigkeit der Hornerzeugung wechselt aber in hohem Grade mit der Verschiedenheit der Oertlichkeiten. Wir finden deshalb die raschesten und längsten Haarbildungen an dem Kopfe, den Bartstellen des Gesichtes des Mannes, der Achselhöhle und dem Schamberge, während die Augenbrauen, die Augenwimpern, die Haare des äusseren Gehörganges und in der Nähe der Nasenlöcher, die Barthaare der Frau und die Wollhaare der übrigen Haut eine gewisse, geringe Längengrösse nicht überschreiten.

§. 1139. Die Bildungsstätte des Haares wurzelt tief in der Lederhaut und selbst in dem Unterhautzellgewebe. Betrachten wir den Taf. IV. Fig. LXIII. gegebenen Längendurchschnitt, so haben wir die Hautoberfläche in *a* und die Begrenzungswände des Hohlraumes, welcher die Verlängerung *g* des Haarschaftes *c* aufnimmt, in *e* und *f*. Eine Reihe kreisförmig gestellter Fettdrüsen *hki* ergiesst in ihn ihre fettigen Absonderungen, die das Haar

einölen. Der unterste Theil des verborgenen Abschnittes des Haarschaftes *g* geht in die Haarzwiebel oder den Haarknopf über. Der unbestimmte und oft in verschiedenem Sinne gebrauchte Name der Haarzwiebel bezeichnet die Summe von Gebilden, die an dem untersten Theile des Haares angetroffen wird und sehr verschiedenartige Elemente enthalten kann.

§. 1140. Der Fig. 234 gegebene schematische Längendurchschnitt kann uns die näheren Verhältnisse, wie man sie gewöhnlich auffasst, klar machen. *ab* sei die Oberfläche der Oberhaut und *rs* die unter ihr liegende Malpighi'sche Schicht, *cd* der freie hervorragende und *de* der verborgene Abschnitt des Hornschaftes, *f* der Haarknopf, *gh* und *ik* die Ausführungsgänge der Hautdrüsen, die sich in den Hohlraum des Haarsackes öffnen. Die Oberhaut *ab* schlägt sich nach innen um und bildet die innere Wurzelscheide *l*, die selbst wiederum mit der Oberhaut des Haares *m* zusammenhängt. Die Malpighi'sche Schicht *rs* liefert bei ihrer Fortsetzung die äussere Wurzelscheide *n*. Sie bedeckt die Seitenflächen des Haarbalges, der selbst aus einer glashellen gleichartigen Haut und einer faserigen Abtheilung *o* und *p* besteht und den Elementen der Lederhaut angehört. Der Theil derselben endlich, der unter dem Haarknopfe *f* liegt, bildet die Haarpapille oder den Haarkeim *q*.

Fig. 234.



§. 1141. Verfolgt man den Haarschaft, so sieht man, dass seine jüngsten Zellen in dem Knopfe *f* liegen. Die Ablagerung neuer Elemente schiebt so das Haar von unten nach oben vor. Die Umwandlung des grössten Theiles der Zellen in lange und dünne Faserzellen der Rinde liefert die Hauptursache der späteren Verschmälerung. Der Haarschaft wird dabei rundlich oder abgeplattet. Krankheiten der Haarpapille oder des Haarsäckchens können daher zur Kahlheit führen. Es kommt aber auch vor, dass der Haarknopf abstirbt, das Haar ausfällt und ein neues in der Folge nachwächst.

§. 1142. Ein Theil des Restes, den die jungen Zellen des Haarknopfes übrig lassen, kann in dem Haarschafte weiter dringen und hier noch fernere Veränderungen möglich machen. Da aber die Hornsubstanz des Haares hygroskopisch ist, so wird sie, wenn sie trocken ist, Wasserdämpfe aus der Luft aufnehmen. Man hat daher die Haare zu freilich unzuverlässigen Hygrometern benutzt. Ein mit einem Gewichte beschwertes Haar verlängert sich in feuchter und verkürzt sich in trockener Luft. Trockene und glatte Haare kräuseln sich am leichtesten.

§. 1143. Ein periodischer Haarwechsel gehört zu den regelrechten Lebenserscheinungen vieler Thiere. Etwas Aehnliches kommt, nach Kölliker, an den Augenbrauen und wahrscheinlich auch an den übrigen Haaren des Säuglinges vor. Das neue Haar erzeugt sich, ehe das alte entfernt ist, in der Tiefe des Haarsackes. Man hat daher hier ein ähnliches Verhältniss, wie es die bleibenden Zähne in Vergleich zu den Milchzähnen darbieten.

§. 1144. Die Haarmasse kann so lange fortwachsen, als Ernährungsflüssigkeit zu Gebote steht. Da diese Zufuhr mit dem Tode aufhört, so kann auch von einem merklichen Wachsthum der Haare des Leichnames nicht die Rede sein. Wenn die Leichen von Personen, die kurz vor dem Tode rasirt worden, das Gegentheil zu beweisen scheinen, so rührt dieses davon her, dass ihre Haut ihren lebendigen Turgor verloren hat und zusammengefallen ist. Ein grösserer Abschnitt des in dem Haarsacke verborgenen Theiles des Haarschaftes konnte daher freier heraustreten.

§. 1145. Bleibt die in einer gegebenen Zeiteinheit ausgeschiedene Ernährungsflüssigkeit constant, so wird sie auch eine gegebene Masse des Haares erhalten und eine bestimmte Menge neuer Zellen bilden können. Schneidet man dagegen einen Theil des Haares ab, so muss die Geschwindigkeit der Zellenbildung um so stärker wachsen, je kürzer der zurückbleibende Haarüberrest ausfällt. Strömt eine beträchtlichere Blutmenge zur Haut, so dass auch mehr Ernährungsflüssigkeit in der gleichen Zeiteinheit geliefert wird, so kann die Schnelligkeit der Nachbildung ebenfalls zunehmen. Diese Verhältnisse erklären das raschere Wachsthum des Bartes nach häufigem Rasiren, nach starken Fusstouren und in grosser Sommerhitze.

Krankhafte Haarbildung.

§. 1146. Haare, die mit ihrer Wurzel ausgerissen und in einen Hautschnitt eingefügt worden, wachsen bisweilen fort und gedeihen auf ihrem neuen Wohnsitze. Es kommt nicht selten vor, dass man Haare mit vollständigen Haarsäcken in Fettgeschwulsten des Eierstockes oder unter der Haut antrifft. Ausgedehnte Zerstörungen der Lederhaut behaarter Stellen führen immer zu haarlosen Narben.

Fett.

§. 1147. Das **Fett** kommt in dreierlei Formen im thierischen Körper vor. Es ist in manchen Flüssigkeiten, wie dem Blute, der Galle, aufgelöst oder mit Eiweisskörpern, z. B. in der Markmasse der Nervenfasern, verbunden. Man findet kleine Fetttröpfchen frei oder von Eiweisshüllen umgeben als Gemengtheile des Chylus (§. 327) in der Milch und bisweilen auch im Harne. Körnchen von fettiger Beschaffenheit sind dem Inhalte vieler Zellen beigemischt. Einzelne Gebilde der Art treten auch nicht selten in manchen Kernen auf. Das Fettgewebe endlich besteht aus kernlosen oder kernhaltigen Zellen (Taf. II. Fig. XXVII.), die haufenweise beisammen liegend von zahlreichen Blutgefässnetzen durchzogen werden. Man nennt es das **thierische Fett** im engeren Sinne des Wortes.

Fettzellen.

§. 1148. Das Fett oder Oel füllt die gewöhnlichen Fettzellen gänzlich aus. Der höchstens noch nebenbei vorhandene Kern wird daher leicht übersehen. Schwindet aber die Fettmasse unter krankhaften Verhältnissen, so stösst man auch auf Fälle, in denen das Fett nur einen kleinen Bruchtheil des Zelleninhaltes ausmacht. Man findet bisweilen unter der Haut abgezehrter oder wassersüchtiger Leichen Zellen, die nur wenige um den Kern herumgelagerte Fetttröpfchen enthalten. Eine grössere oder geringere Menge einer hellen, durchsichtigen oder serösen Flüssigkeit ist nebenbei vorhanden.

Fett-krystalle.

§. 1149. Der Inhalt der Fettzellen des Menschen erstarrt noch nicht bei 10° bis 15° C. Man kann daher den flüssigen Inhalt des Fettgewebes durch Druck oder die Einwirkung von Essigsäure aus den sonst allseitig geschlossenen Fettzellen heraustreiben. Hat der Leichnam in einem Raume gelegen, dessen Temperatur bis zu dem Gefrierpunkte des Wassers oder noch tiefer herabgegangen ist, so krystallisiren Sterne von Margarin, wie sie Fig. 235 zeigt, in dem Inneren der Zellen. Fettnadeln und Fettsterne finden sich häufig in manchen Geschwülsten, bei brandigen Zerstörungen und unter anderen regelwidrigen Verhältnissen. Man sieht Krystalle des nicht verseifbaren Gallenfettes oder des Cholesterin (§. 106, Fig. 218, S. 325) in vielen krankhaften Ablagerungen.

Fig. 235.

Fettleibigkeit

§. 1150. Die Gesammtsumme des Fettgewebes wechselt in hohem Grade. Die Wohlbeleibtheit kann unter günstigen Verhältnissen so sehr zunehmen, dass der menschliche Körper, der sonst seiner grösseren Eigenschwere wegen im Wasser untersinkt, wie ein Kork oben bleibt, ohne mehr Luft in seine Lungen zu saugen oder durch Bewegungen nachzuhelfen. Die hierzu nöthige Fettmenge lässt sich in einer allgemeinen Gleichung ausdrücken. Man kann aber nicht alle Einzelwerthe, die zu ihrer Berechnung in einem gegebenen Falle nöthig sind, genau bestimmen.

§. 1151. Ein Körper sinkt nicht unter, wenn das von ihm verdrängte Flüssigkeitsvolumen eben so viel als er selbst wiegt. Dieses vorausgesetzt, so sei a das absolute Gewicht und s die Eigenschwere der fettlosen Körpertheile, während b und s' die gleiche Bedeutung für das Fett haben. Man erhält daher $v = \frac{a}{s}$ und $v' = \frac{b}{s'}$ für die beiderseitigen Volumina. Ist nun s'' das specifische Gewicht der Flüssigkeit, so wird der Körper weder untersinken, noch emporgetrieben werden, wenn $(v + v')\, s'' = a + b$ ist. Hieraus folgt $b = a \cdot \frac{s'}{s} \cdot \frac{s - s''}{s'' - s'}$. Nimmt man das specifische Gewicht der Flüssigkeit, z. B. des Wassers, und das absolute Gewicht der fettlosen Körpermasse als Einheiten, so findet man $b = \frac{s'}{s} \cdot \frac{(s - 1)}{1 - s'}$.

Man kann $s' = 0{,}932$ für das Menschenfett setzen. Die Eigenschwere eines mittelstarken Menschen gleicht 1,066. Die Gesammtsumme der fettlosen Gewebe wird daher eine grössere Eigenschwere darbieten. Nehmen wir $s = 1{,}066$, so erhalten wir weniger Fett als nöthig ist. Ein Mensch wird unter diesen Voraussetzungen im Wasser oben bleiben, wenn seine Fettmenge mehr als 0,85 oder mehr als $^4/_5$ der fettlosen Gewebe und mehr als 46 % des gesammten Körpergewichtes ausmacht.

§. 1152. Die Leichen wohlbeleibter Personen führen beträchtliche Fettmengen in dem Unterhautzellgewebe (*Panniculus adiposus subcutaneus*), dem Gekröse, dem Netze und den Falloppi'schen Anhängen, an der Oberfläche des Herzens und der grossen Gefässe, zwischen den Muskeln und den Bündeln der grösseren und mittleren Nervenstämme. Alle diese Fettablagerungen können bei der Abzehrung bis zur Unmerklichkeit schwinden. Man findet dagegen reichliche Fettmengen in den Augenhöhlen und der

Wangengegend der abgemagertsten Menschen. Diese Fettmassen dienen hier, wie wir sehen werden, als rollenähnliche Unterlagen von Muskeln. Sie bilden gewissermaassen beständigere Organe, die der Aufsaugung nicht in dem Maasse, wie die übrigen Fettablagerungen, verfallen.* Sie können aber auch bis zum Ende der Erstarrungszeit in Winterschläfern verloren gehen. Die Fette, welche in den Elementen des centralen Nervensystems enthalten sind, bleiben bei dem Verhungern unversehrt zurück.

Fettleber.

§. 1153. Chemische, später zu betrachtende Ernährungseinflüsse bedingen es bisweilen, dass sich reichliche Fettmassen in der Leber absetzen. Die Leberzellen gestopfter Gänse sind mit Fettmolecülen so sehr gefüllt, dass die Wandungen an einzelnen Stellen, nach Lereboullet, hügelig hervorgetrieben werden. Die Fettleber des Menschen liefert ähnliche Entartungen. Beträchtliche Fettablagerungen können hier an den Wänden der Blutgefässe und den Fortsetzungen der Glisson'schen Kapsel vorkommen.

Fettentartung.

§. 1154. Die verschiedensten Krankheitszustände führen zu dem Endresultate, dass ein Organ viel mehr Fett, als es im Normalzustande enthält, einschliesst. Man findet hierbei zwei Hauptformen der Fettablagerung. Gewöhnliche Fettzellen haben sich in reichlicher Masse angehäuft und selbst einen Theil des gesunden oder des kranken Gewebes verdrängt, oder Fettmolecüle sind im Inneren der Gewebtheile abgelagert worden und oft zu grösseren Oeltropfen zusammengetreten. Beide Formen kommen häufig neben einander vor.

Man findet in manchen Missgeburten, dass grössere Abschnitte des Körpers, z. B. ganze Extremitäten, Fettgewebe statt Muskeln enthalten. Die blassen und mürben Muskeln eines Klumpfusses oder einer sonst verkrüppelten Extremität, die Jahre lang nicht gebraucht worden, enthalten oft weit mehr Fett, als sich ihrem Volumen nach erwarten liesse. Ganze Bündel werden hier häufig von Fettgewebe ersetzt.

Es kommt unter krankhaften Verhältnissen vor, dass einzelne quergestreifte Muskelfasern fettführende Streifen, die den Primitivfäden entsprechend dahin gehen und von dem Sarcolemma eingeschlossen werden, in reichlichster Menge enthalten. Grössere Fetttröpfchen und ungeordnet zerstreute Körner lassen sich ebenfalls häufig erkennen. Wir werden in der Folge sehen, dass durchschnittene Nervenfasern, die sich nicht wieder herstellen, in ihren peripherischen Abschnitten entarten. Sie führen dann auf einer Zwischenstufe der Rückbildung Reihen von Fetttröpfchen. Erweichte Knochen enthalten häufig reichliche Mengen von freien oder in Zellen eingeschlossenen, flüssigen oder krystallinischen Fettmassen, wie sie gesunde Knochen gar nicht oder in nicht so grosser Menge darbieten.

Fettmetamorphose.

§. 1155. Virchow hat zuerst ausführlicher hervorgehoben, dass die Ablagerung von Fettkörnchen der rückschreitenden Metamorphose der mannigfachsten Gewebtheile angehört. Sie kann sich unter regelrechten und unter krankhaften Verhältnissen geltend machen. Die Blutkörperchen der in unterbundenen oder verstopften Gefässen stockenden Blutmassen, Epithelialzellen, Muskelfasern, Nervenfasern, Knorpelkörper, Faserzellen, können Fettkörnchen in reichlicher Menge führen.

§. 1156. Zellen, die dem Untergange bestimmt sind, füllen sich oft vorher mit Fettmolecülen. Man sieht dieses z. B. an der eingeschlagenen

Nesthaut (*Decidua reflexa*) des menschlichen Eies in dem weiteren Verlaufe der Schwangerschaft. Kleinere oder grössere, runde, freie oder von Eiweisshüllen umschlossene Fettkörner kommen in anderen Fällen in oder zwischen den Gewebeелementen häufig vor. Sie ballen sich oft zu rundlichen oder unregelmässigen Haufen, die man nicht selten als Entzündungskugeln oder als Körnchenaggregate beschrieben hat, zusammen. Wasser zerstört häufig ihre Hülle, lässt die zähe, gleichartige und durchsichtige, als Bindemittel dienende Grundmasse aufschwellen und zerstreut die Körnchen. Man sieht hin und wieder dabei Bewegungen, die als selbständige Drehungen gedeutet werden können. Eine genauere Betrachtung lehrt aber, dass sie nur eine Folge der Diffusionswirkung des Wassers bilden.

Die Körnchen jener Kugeln zerfallen später und bilden ein feines Pulver innerhalb einer halbflüssigen Grundmasse. Krystalle von Gallenfett (§. 132) finden sich bei der hierher gehörenden atheromatösen Entartung häufig vor.

§. 1157. Die Vererdung oder die Ablagerung von Körnern von Kalksalzen, vorzüglich von kohlensaurer Kalkerde, der etwas schwefel- oder phosphorsaurer Kalk beigemengt ist, bildet oft den Schlussstein jener rückschreitenden Metamorphose, welche die Fettentartung als Zwischenstufe darbot. Man sieht daher nicht selten, dass Lungentuberkeln mit Concrementbildungen schliessen, und Schlagadern oder Herzklappen, die früher atheromatös waren, allmälig vererden.

Fettwachs.

§. 1158. Die Fäulniss der Eiweisskörper kann Buttersäure ($C_8H_7O_3 . HO$) und Ammoniak (NH_3) erzeugen (§. 221). Es ist noch nicht gelungen, neutrale Fette aus fettlosen Eiweisskörpern künstlich herzustellen. Eine an menschlichen Leichnamen hin und wieder beobachtete Erscheinung deutet jedoch an, dass eine eigenthümliche Art der Selbstzersetzung diese Umwandlung ebenfalls bedingen kann. Man bemerkte zuerst in Paris im letzten Viertheil des vorigen Jahrhunderts, dass die auf einem Kirchhofe (*Cimetière des Innocens*) begrabenen Leichen aus einer eigenthümlichen Masse, dem Fettwachse oder Adipocire, nach einigen Jahren bestanden. Nur die Skeletttheile und die Horngewebe waren dieser Veränderung nicht verfallen. Die Muskeln dagegen schienen ihr gänzlich unterlegen zu sein. Das Fettwachs enthielt Stearin, Margarin und fettsaure Verbindungen des Ammoniaks und der Kalkerde. Seine Menge war in jenen Fällen zu bedeutend, als dass sie den blossen Rest des normalen Fettgewebes bilden konnte.

§. 1159. Die Betrachtung der chemischen Ernährungserscheinungen wird nachweisen, dass man es sich aus einer Beschränkung der Sauerstoffzufuhr erklären kann, wenn Fette als Rückstand der Verwesung oder der langsamen Verbrennung der thierischen Gewebe übrig bleiben. Man kann sich vorstellen, dass etwas Aehnliches bei der Fettmetamorphose eingreift.

Künstliche Fettmetamorphose.

§. 1160. Manche Forscher glaubten durch physiologische Versuche beweisen zu können, dass Eiweisskörper in Fett übergehen. Hatten Wagner und Husson Eiweissstücke oder Krystalllinsen in die Unterleibshöhle lebender Vögel gebracht, so wurden diese fremden Körper, wie gewöhnlich, von einer Ausschwitzungsmasse nach und nach eingekapselt. Die mikroskopische Untersuchung wies in ihnen zahlreiche Fettmoleküle nach. Die Prüfung mit kochendem Aether lieferte meist beträchtlich mehr Fett, als

eine Probe der gleichen Masse vor der Einführung gegeben hatte. Michaelis, der fettloses Kalbfleisch und Faserstoff einschloss, fand die Aggregate der Fettkörnchen in der Mitte von lederartigen Hüllenresten der Einführungskörper. Da alle jene Theile ziemlich bedeutende Fettmengen enthalten, so fällt die Schärfe des Beweises von selbst hinweg.

§. 1161. So wahrscheinlich es auch ist, dass sich Fette in Eiweisskörper verwandeln können, so wenig eignen sich solche Versuche, die Metamorphose nachzuweisen. Man ist nie sicher, dass nicht Fett von aussen her abgesetzt worden. Middeldorpf, der Knorpel- und Knochenstücke in die Bauchhöhle von Tauben eingeführt hatte, kam schon zu dem Wahrscheinlichkeitsschlusse, dass die Fette von den Ausschwitzungsmassen herrühren und in die eingekapselten Theile weiter dringen. v. Wittich und Burdach lieferten noch deutlichere Belege hierfür. Hatten sie Holz- oder Korkstücke eingebracht, so liess sich das Fortschreiten der Infiltration unzweifelhaft erkennen.

§. 1162. Die ganze Frage gehört mehr der organischen Chemie als der Physiologie an. Wird jene nachweisen können, unter welchen Einflüssen und in welcher Art die Eiweisskörper zerlegt werden müssen, damit neutrale Fette als Nebenproducte zum Vorschein kommen, so wird sich das Problem der Fettmetamorphose bestimmt entscheiden lassen. Blosse mikroskopische Untersuchungen können die mannigfachsten subjectiven Deutungen möglich machen.

§. 1163. Viele Farben der organischen Theile beruhen auf Interferenzen, deren Verhältnisse wir später ausführlicher betrachten werden. Andere rühren von der Zurückwerfung des Lichtes her. Ein jeder mit einer eigenthümlichen Farbe versehene Körper reflectirt nur die dieser Farbe entsprechenden Lichtwellen. Da das weisse Licht aus einer Mischung aller möglichen Farbenstrahlen unter bestimmten Intensitätsverhältnissen besteht, so erscheint uns der Körper in seiner besonderen Farbe, wenn er von weissem Lichte bestrahlt wird. Erhält er farbiges Licht, so zeigt er sich am hellsten, wenn seine Farbe mit der der Beleuchtung übereinstimmt, weil er dann alles vorhandene Licht zurückwirft.

Pigmente.

§. 1164. Die Färbung der Körper kann noch unter zweierlei Verhältnissen wechseln. Wir werden später kennen lernen, weshalb viele doppelt brechende Körper die Erscheinung des Dichroismus darbieten oder in verschiedener Richtung unter verschiedenen Farben erblickt werden. Eine und dieselbe Masse liefert aber oft ungleiche Farbennuancen, je nachdem ihr zurückgeworfenes oder ihr durchgelassenes Licht in das Auge gelangt. Die thierischen Gewebe geben zahlreiche Beispiele dieses Wechsels der Färbungen.

Dichroismus.

§. 1165. Das unbewaffnete Auge fasst oft die Farben der organischen Theile unrichtig auf. Das Grün der meisten Pflanzen rührt von Blattgrün oder Chlorophyll her, das in den Zellen in zerstreuten Massen abgelagert ist. Das freie Auge sieht eine gleichförmige grüne Fläche, weil es weder die einzelnen Chlorophyllkörner, noch die zwischenbefindlichen farblosen Lücken unterscheiden kann. Die nicht unterbrochene Röthe der Lippen, der Wangen und anderer Theile rührt von derselben Ursache her. Ein gut eingespritzter Theil trägt deshalb die Farbe der Injectionsmasse.

Auffassung der Pigmentirungen.

§. 1166. Wir sehen häufig mit dem freien Auge Misch- oder Deckfarben an einzelnen organischen Theilen. Die Haare haben uns schon ein Beispiel der Art geliefert (§. 1136). Ein dunklerer Teint geht aus der Vermischung grauer Hornmassen mit dunkleren Molecülen hervor. Das blasse Aussehen der grauen Nervenfasern rührt davon her, dass der weisse Nerveninhalt in geringerer und die grauen Scheidenmassen in grösserer Menge vorhanden sind, als in den weissen Nerven.

Farben unter dem Mikroskope.

§. 1167. Das Mikroskop giebt nicht immer die wahren Färbungen wieder. Wir werden in der Folge die Gründe kennen lernen, weshalb z. B. die Sehnenfäden andere Interferenzfarben bei der gewöhnlichen mikroskopischen Untersuchungsweise oder bei durchfallendem Lichte darbieten, als bei zurückgeworfenem, unter dem wir ihre Aggregate mit freiem Auge sehen. Die Intensität aller objectiven Farben muss mit der Stärke der Vergrösserung abnehmen, weil die Menge der von ihnen ausgehenden farbigen Strahlen die gleiche bleibt, die Fläche aber, auf die sie bezogen werden, mit dem Quadrate der Linearvergrösserung zunimmt. Die Blutkörperchen erscheinen unter dem Mikroskope viel blasser, als sie wahrhaft sind. Man kann deshalb keinen deutlichen Farbenunterschied zwischen denen der hochrothen und der dunkelrothen Blutmassen bemerken. Die einzelnen Muskelfasern eines rothen Muskels sind unter dem Vergrösserungsglase röthlich bis gelbroth.

Pigmentmassen.

§. 1168. Die verschiedenen Thiergewebe können alle möglichen Färbungen darbieten. Man nennt Pigmente in der anatomischen Bedeutung des Wortes eigenthümliche körnige Gebilde, die charakteristische Farben besitzen und oft in so grossen Mengen zusammengehäuft sind, dass die dem freien Auge kenntliche Färbung von ihnen abhängt. Die gewöhnlichen Pigmentmolecüle bestehen aus rundlichen, länglichen, einfachen oder mehrfach zusammenhängenden Gebilden, die selbst unter mässigen Vergrösserungen schwarz erscheinen. Untersucht man sie dagegen unter sehr starken Vergrösserungen, so zeigen sie durchsichtigere Mitteltheile und tiefe und breite Randschatten, wie es Taf. II. Fig. XXVIII. darstellt. Dieses Aussehen erinnert an das von Fettkörpern.

Pigmentzellen.

§. 1169. Die Pigmentmolecüle bilden den Inhalt eigenthümlicher Zellen, die man mit dem Namen der Pigmentzellen bezeichnet. Sie sind häufig polygonal (Taf. II. Fig. XXIX.), nicht selten rundlich, länglich oder geschwänzt. Treiben sie eine Reihe von Aesten (Taf. II. Fig. XXX.), die sich von benachbarten Zellen wechselseitig zu verbinden pflegen, so spricht man von Pigmentverästelungen oder Pigmentramificationen.

Ablagerung der Pigmentmolecüle.

§. 1170. Die Menge der in einer Zelle enthaltenen Pigmentmolecüle wechselt in hohem Grade. Sind sie sparsamer vorhanden, so liegen sie zerstreut, lassen aber den Kern frei und gehen sogar nicht selten um ihn kreisförmig herum. Kommen sie in grösseren Massen vor, so füllen sie häufig die ganze Zelle, mit Ausnahme der dem Kerne entsprechenden Gegend. Dieser erscheint daher wie ein heller Fleck, der das Ansehen eines Loches darbieten kann. Es kommt endlich vor, dass die Pigmentmolecüle die ganze Zelle auf das Dichteste füllen. Nur die farblosen Ränder bezeichnen dann die Grenzen der einzelnen dicht bei einander liegenden Zellen.

§. 1171. Die Thatsache, dass sich häufig mehr Pigmentmolecüle in der unmittelbaren Nachbarschaft des Kerns absetzen, scheint anzudeuten, dass dieser zur Erzeugung derselben beiträgt. Man kann sich vorstellen, dass sich die Masse, die uns als Pigmentmolecüle erscheint, in der Umgebung des Kerns bildet und später weiter fortrückt. Die Existenz von Pigmentmolecülen ist jedoch nicht an die eines Kerns nothwendig gebunden. Man findet auch freie Molecüle der Art in serösen Häuten, in ungewöhnlich farbigen Stellen der Augen, des Nahrungscanales, in getrübten Linsen, in Theilen, die der rückschreitenden Metamorphose verfallen sind, und in krankhaften Geschwülsten.

§. 1172. Das unbewaffnete Auge zeigt oft bräunliche Färbungen in Organen, in denen das Mikroskop gar keine oder nur sparsame Pigmentmolecüle nachweist. Dieser Fall kommt besonders in den Horngeweben, z. B. der Oberhaut, vor. Die Hornmasse selbst kann hierbei in doppelter Weise wirken. Sie besitzt an und für sich einen dunkleren Grundton, der mit der angewandten Mikroskopvergrösserung abnimmt (§. 1167), oder verdeckt nur die Pigmentmolecüle für das durchfallende Licht, das man bei der mikroskopischen Untersuchung anwendet. Die mit stärkeren Vergrösserungen vorgenommene Prüfung der Hautgewebe kann daher nicht entscheiden, ob die Theile von einem Menschen mit hellem oder mit brünettem Teint herrühren.

Melanin.

§. 1173. Da sich die Pigmentmolecüle oder das Melanin weder in Weingeist noch in Aether lösen, so folgt, dass sie nicht aus gewöhnlichem Fette ausschliesslich bestehen. Ihre optischen Eigenschaften und ihr Reichthum an Kohlenstoff lassen vermuthen, dass eine den Fetten verwandte Masse ihren Hauptbestandtheil bildet. Was die Chemiker als Melanin untersuchten, war eine Mischung von Pigmentmolecülen mit Pigmentzellen und anderen fremdartigen Zwischengeweben. Der gefundene Stickstoffgehalt kann daher noch nicht beweisen, dass die Pigmentmolecüle selbst zu den quaternären Verbindungen gehören. Die Thatsache, dass die verschiedenen Pigmentanalysen 58 bis 73 % Kohlenstoff und 13,8 bis 3,9 % Stickstoff gegeben, zeugt am deutlichsten für die Unreinheit der zur Untersuchung verwandten Körper. Die von Virchow beobachteten Melaninkrystalle erinnern an die Häminkrystalle des Blutes (§. 1062).

Nicht schwarze Pigmente.

§. 1174. Die nicht schwarzen Färbungen bestehen entweder aus gefärbten Oeltropfen oder aus Pigmentmolecülen, die nur gelbes oder braunes Licht zurückwerfen. Man findet sie frei oder in Zellen eingeschlossen. Es kommt unter krankhaften Verhältnissen vor, dass röthlichgelbe Pigmentmolecüle in faserähnlichen oder nadelförmigen Gebilden, die auf den ersten Blick das täuschende Ansehen von Krystallnadeln darbieten, enthalten sind. Fig. 236 zeigt diese Formen aus den Cystenwandungen eines entarteten menschlichen Eierstockes.

Fig. 236.



Beziehung des Pigmentes zur Hornmasse.

§. 1175. Man findet häufig Pigmente in und neben Hornmassen abgelagert, und darf mit Recht vermuthen, dass die Pigmentkörner die Nebenerzeugnisse des Verhornungsprocesses bilden. Fette, die wahrscheinlich die gleiche Bedeutung haben, sind oft in der Nähe abgeschieden. Da aber auch schwarzes Pigment an nicht verhornten Stellen vorkommt, so lässt sich annehmen, dass es noch als Nebenerzeugniss anderer Vorgänge auftritt. Man bemerkt es häufig an den Wänden der Blutgefässe, z. B. der Frösche, an den Nerven, den Ganglienmassen dieser und der höheren Geschöpfe, den serösen Häuten, den Lungen und in vielen krankhaften Ablagerungen.

Nutzen des Pigmentes.

§. 1176. Die Pigmentmassen der Aderhaut, der Traubenhaut und des Ciliarsystems des Auges erfüllen optische Zwecke. Sie werfen die sie treffenden weissen oder gefärbten Strahlen nicht zurück und beseitigen daher alle störenden Wirkungen, welche aus ihnen hervorgehen könnten. Die schwarzen Wände unserer optischen Instrumente erfüllen den gleichen Zweck. Die schwarze Farbe der Negerhaut, die von der dunklen Pigmentirung der untersten Lagen des Malpighi'schen Schleimes und einer bräunlicheren, fast unmerklichen Färbung der älteren Hornzellen herrührt, zieht ebenfalls mehrere bei den Wärmeerscheinungen zu betrachtende Nebenfolgen nach sich. Man kann dagegen den übrigen Pigmenten des Körpers keine weitere functionelle Bedeutung, als die von Nebenablagerungen zuschreiben.

Melanosen.

§. 1177. Fasst man die Pigmente als Nebenerzeugnisse anderer Processe auf, so erklärt es sich, weshalb viele Pigmentirungen, z. B. der serösen Häute und der Lungen, schon unter regelrechten Verhältnissen bedeutend schwanken. Man glaubte früher eine eigene Geschwulstform unter dem Namen der Melanosen unterscheiden zu können. Da aber das Pigment die Rolle eines Nebenabsatzes unter krankhaften Verhältnissen ebenfalls übernimmt, so folgt, dass schwarzes Pigment in den verschiedenartigsten Geschwülsten vorkommen kann. Man findet auch häufig genug melanotische Ablagerungen in gutartigen wie in bösartigen Krankheitserzeugnissen.

Bindegewebe.

§. 1178. Das formlose Zell- oder Bindegewebe nimmt häufig den Anschein einer gefaserten Masse an, weil es sich an vielen Stellen in Falten legt, deren Schattenlinien als die Grenzen benachbarter Fäden gedeutet werden. Man sieht deren Bündel, die sich ihrer Elasticität wegen wellenförmig biegen, wenn man sie von ihren Anheftungspunkten getrennt hat (Taf. III. Fig. XL.). Gelingt es, eine solche Zellgewebmasse allseitig gleichförmig auszuspannen, so verschwinden die Scheinfasern, wie Reichert zuerst mit Recht hervorgehoben hat.

§. 1179. Das Zellgewebe ist das mechanische Bindemittel vieler Gewebtheile. Es stellt gewissermaassen einen nachgiebigen Leim, der sie zusammenhält, dar. Es bildet überdies den Schwamm, in dessen Poren die von dem Blute ausgeschiedene Ernährungsflüssigkeit übertritt. Die Umsatzstoffe der benachbarten Körpergewebe dringen in diese Durchtränkungslösung ebenfalls ein. Fette, die aus dem Blute stammen oder als Nebenerzeugnisse der Gewebezersetzung auftreten, lagern sich in Fettzellen ab, deren Wandung das Zellgewebe oder dessen Ernährungsflüssigkeit liefert. Die Weichheit des Zellgewebes macht es endlich möglich, dass fremde Körper, wie eingeschossene Kugeln, innerhalb desselben weiter wandern, wenn

sie die Schwere und vorzugsweise äussere Druckwirkungen oder die Drucke benachbarter verkürzter Muskelmassen zum Ausweichen zwingen. Eine in die Leistengegend eingeschossene Kugel kann daher nach längerer Zeit am Knöchel zum Vorschein kommen. Eiter und Jauche senken sich häufig längs der von dem lockeren Zellgewebe dargebotenen Wege.

Formen des Bändergewebes.

§. 1180. Die zellgewebigen Massen können in zweierlei Richtungen auseinander gehen. Sie führen eine beträchtliche Menge einer schleimigten Grundsubstanz, und erhalten hierdurch das eigenthümliche Ansehen eines Schleimgewebes. Man findet dieses in dem Glaskörper des Auges und der Wharton'schen Sulze des Nabelstranges. Das entgegengesetzte Extrem besteht darin, dass eine grosse Zahl fester zellgewebiger Elemente einem Einheitsvolumen entspricht. Das auf die Einheit des Querschnittes bezogene Festigkeitsmodul wächst daher in hohem Grade. Die Lederhaut, die serösen und die Faserhäute, die Sehnen, die Bänder und die unächten Faserknorpel gehören zu dieser Reihe von Gebilden. Chemische Unterschiede, die sich jedoch bis jetzt nicht genau verfolgen liessen, gesellen sich wahrscheinlich in diesen verschiedenen untergeordneten Abtheilungen hinzu.

Narbenmasse.

§. 1181. Bedingungen, die zur Erzeugung mancher anderen Gewebearten, wie der Muskeln, nicht hinreichen, genügen noch zur Herstellung von Bindegewebe. Ein Substanzverlust, dessen Folgewirkungen zu einem gleichartigen Ersatze nicht genügen, wird daher durch Bindegewebe ausgeglichen. Es verdichtet sich in hohem Grade und bildet auf diese Weise die Narbe, deren Elemente als feine Fäden, die Narbenfäden, unter dem Mikroskope erscheinen. Sie ersetzen auch den Substanzverlust der Lederhaut, der Sehnen, der Bänder, mithin verwandte, wo nicht identische Gewebtheile. Da aber die gleiche Summe von Narbenelementen ein kleineres Volumen als die der verloren gegangenen gleichartigen oder ungleichartigen Gewebtheile besitzt, so erscheint die Narbe eingezogen oder verschmälert. Sie nähert die Nachbargebilde stärker und hält sie mit grösserer Kraft zusammengeheftet.

Fig. 237.

Umhüllungsfasern.

§. 1182. Alle zellgewebigen Theile, ihre Elemente mögen mit viel oder wenig Ernährungsflüssigkeit durchtränkt sein, geben bei dem Kochen Glutin oder gewöhnlichen Leim (§. 119). Behandelt man sie mit Essigsäure, so wird ihre Masse gleichartig gallertig und durchsichtig (Taf. II. Fig. XLI. *a*). Man sieht in ihr eine Menge elastischer Fasern (Taf. II. Fig. XLI. *b*), die man auch mit dem Namen der Kern- oder der Umhüllungsfasern bezeichnet hat. Sie gehen in den verschiedensten Richtungen dahin. Es kommt aber auch, nach Henle, z. B. an dem Zellgewebe der Gehirnbasis, vor, dass sie ein Zellgewebebündel schraubig umschnüren, wie es Fig. 237 darstellt. Die Bedeutung dieser Umhüllungsgebilde, die aus verlängerten Zellen und

nicht aus Kernen entstehen, lässt sich vorläufig mit Sicherheit nicht feststellen.

Elastische Fasern.

§. 1183. Die elastischen Fasern bilden den Hauptbestandtheil mancher Körperorgane. Das Nackenband, das im Menschen nur rudimentär angelegt, in vielen Säugethieren dagegen stark entwickelt ist, führt dicke elastische Fasern (Taf. III. Fig. XLII.), die sich oft netzförmig verbinden. Eine grosse Menge elastischen Gewebes findet sich in den Wänden der Schlagadern in der Form von Fasernetzen (Taf. III. Fig. XLIV.) oder von durchbrochenen Häuten, den sogenannten gefensterten Membranen (Taf. II. Fig. XLIII.). Die Venen und die Saugadern dagegen scheinen nur so viel elastisches Gewebe, als ihren Zellgewebemassen entspricht, einzuschliessen. Die gelben Bänder der Wirbelsäule, das Griffelzungenbeinband und die Stimmbänder führen ebenfalls nicht unbedeutende Mengen elastischer Elemente. Alle Gebilde, in denen elastische Gewebetheile vorherrschen, zeichnen sich durch die Grösse und Vollkommenheit ihrer Elasticität aus. Ihre Länge nimmt daher erst dann bleibend zu, wenn sie allzugrossen Dehnungen ausgesetzt werden.

§. 1184. Der beträchtliche Widerstand, den die elastischen Fasern der Essigsäure und zum Theil der Alkalien bei nicht zu hohen Temperaturen entgegensetzen, lässt schon vermuthen, dass sie durch Eiterungen der Nachbartheile weniger als das Zellgewebe oder andere Gewebelemente angegriffen werden. Unregelmässige Kalkmassen, die jedoch keine Knochenstructur besitzen, setzen sich häufig in den Schlagaderwänden ab. Diese Vererdungen, die in sehr alten Leuten am öftesten vorkommen, verdienen daher nicht den ihnen gewöhnlich gegebenen Namen der Verknöcherung.

Knorpel.

§. 1185. Die Knorpelkörper (Taf. III. Fig. XLV. *bcde*) bilden das charakteristische anatomische Merkmal des Knorpelgewebes. Die Beschaffenheit der Grundmasse (*a*), in der sie eingebettet liegen, kann auf das Mannigfachste schwanken. Wir haben ächten Knorpel, wenn sie gleichförmig, glashell durchsichtig oder körnig erscheint, Netzknorpel, wenn sie ein Netzwerk bildet, und Faserknorpel, wenn sie aus dicht verflossenen Fasern, zwischen denen aber die Knorpelkörper Raum haben, zusammengesetzt ist. Der bleibende Knorpel erhält sich unter angebrachten Verhältnissen das ganze Leben hindurch. Man findet ächte Knorpelmasse in der Rolle (*Trochlea*) der Augenhöhle, den Nasenknorpeln, dem Schildknorpel, dem Ringknorpel und den Giessbeckenknorpeln des Kehlkopfes, den knorpeligen Ringstücken der Luftröhre, der Bronchi und der Bronchialverzweigungen der Lungen, den Rippenknorpeln, dem Schwertfortsatze des Brustbeins, den Gelenkknorpeln und in einzelnen Stellen der Symphysen, der Synchondrosen und des Tarsus der Augenlider, vorzüglich der grösseren Säugethiere. Der Netzknorpel kommt im äusseren Ohre und dem Kehldeckel, und der Faserknorpel im Tarsus des Menschen, dem äusseren Gehörgange, der Eustachi'schen Trompete, den Santorini'schen und Wisberg'schen Knorpeln des Kehlkopfes und an einzelnen Stellen der Symphysen, der Synchondrosen und der Zwischenwirbelbänder vor. Der verknöchernde Knorpel bildet den Vorläufer der späteren primären Knochenbildungen. Die Grundmasse des Knorpels fällt in der Rückensaite des Fötus sparsam aus. Die Knorpelkörper verlieren sich bisweilen in dem

Verlaufe einer faserknorpeligen Masse, so dass sie in reine Fasersubstanz übergeht.

§. 1186. Manche Forscher haben sich für eine innigere Verwandtschaft der Knorpel und des Bindegewebes ausgesprochen, weil die Grundmasse beider gleichartig oder faserig ist und sie hin und wieder in einander überzugehen scheinen. Diese Thatsachen reichen nicht hin, jene Ansicht zu begründen. Wir finden im Gegentheil eine Reihe bedeutender Unterschiede. Während die Knorpelkörper dem Knorpel eigenthümlich sind, hat das Zellgewebe keine analogen Gebilde. Die sogenannten Bindegewebekörperchen sind nur Lücken des gewöhnlichen Zellgewebes oder Zellenfasern, z. B. in dem Schleimgewebe der Wharton'schen Sulze (§. 1180). Die Wasserabkochung des Zellgewebes enthält Glutin, die des ächten Knorpels dagegen Chondrin (§. 119), dessen Beschaffenheit mit der Temperatur und der Dauer der Kochung zu wechseln scheint. Fehlte aber auch dieser Unterschied, so liesse sich aus den chemischen Verhältnissen wenig schliessen, weil auch die Horngewebe gewöhnlichen Leim bei dem Kochen liefern.

Knorpel und Zellgewebe.

§. 1187. Hat sich die Knorpelmasse durch anhaltendes Kochen, vorzüglich unter stärkerem Drucke, z. B. in dem Papiniani'schen Topfe, scheinbar aufgelöst, so findet man doch noch einzelne Reste von Knorpelkörperchen in der Chondrinlösung. Man hat daher mit einer unreinen und nicht genau bestimmten Verbindung gearbeitet, als man das Chondrin elementaranalytisch untersuchte (§. 119).

Knorpelabkochung.

§. 1188. Die Knorpel widerstehen lange ätzenden Eingriffen von Eiter- oder Jauchemassen. Grössere Stücke der Gelenkknorpel treten nicht selten im Eiter, der benachbarte Knochen zerstört hat, hervor. Wird aber die Knorpelsubstanz angegriffen, so geht wieder die Grundmasse leichter verloren, als die in ihr enthaltenen Knorpelkörperchen.

Zerstörung der Knorpel.

§. 1189. Man findet mehr Blutgefässe in jüngeren als in älteren Knorpeln. Da Gefässe und Nerven selbst in vollkommen ausgebildeten Knorpeln vorkommen, so folgt, dass sie von ihrem eigenen und nicht ausschliesslich von dem Blute ihrer Nachbartheile erhalten werden.

Blutgefässe der Knorpel.

§. 1190. Die Knorpelkörper vermehren sich am Anfange auf dem Wege der endogenen Zellenbildung. Man weiss nicht, ob sich dieses in dem erwachsenen Knorpel fortsetzt. Ein senkrechter Querschnitt des ausgebildeten Rippenknorpels zeigt die einfachsten Knorpelkörper an der Peripherie unter der die Knorpel überziehenden zellgewebigen Masse, die man mit dem Namen der Knorpelhaut oder des Perichondrium bezeichnet. Die meisten Gelenkknorpel und viele andere ächte Knorpel bieten ähnliche Verhältnisse dar. Eine rasche Integralerneuerung kommt den fertigen Knorpeln keinesfalls zu. Sichere Beweise einer langsamen sind bis jetzt nicht geliefert worden. Sollte sie vorhanden sein, so schreiten vielleicht die einfacheren peripherischen Körper in ihrer Entwickelung fort und dringen weiter in das Innere, während hier die ältesten Bildungen der Aufsaugung verfallen.

Veränderungen der Knorpelkörper.

§. 1191. Die Knorpel können Hohlräume, in denen eine gallertige oder flüssigere Masse, das Knorpelmark, enthalten ist, zu allen Lebenszeiten darbieten. Man kennt noch nicht die Ursachen, welche diese Schmelzung herbeiführen. Es kommt im Laufe der Jahre vor, dass einzelne Stellen,

Knorpelmark.

z. B. des Schildknorpels, faserig werden. Man sieht dann Inseln dicht gedrängter Faserstreifen, zwischen denen sich keine Knorpelkörper mit Sicherheit erkennen lassen. Die krankhafte Auflockerung des Knorpels ist, nach Wedl[32]), mit einer Umwandlung der Grundmasse in Eiweisssubstanz häufig verbunden.

Knochen.

§. 1192. Die mannigfachen, unter gesunden oder krankhaften Verhältnissen vorkommenden Knochenmassen sind unter vier verschiedenen Hauptbedingungen erzeugt worden. Das weiche embryonale Blastem verwandelt sich an einzelnen Stellen in verknöchernden Knorpel. Die hieraus hervorgehenden Knochentheile bilden die primären Knochen. Secundäre legen sich später an vielen Orten um sie herum. Einzelne bleibende Knorpel, wie die des Kehlkopfes und bisweilen der Rippen, verknöchern zum Theil in späteren Lebensjahren. Knochenplatten mit ächter Knochenstructur können endlich krankhafter Weise in vielen Körpertheilen abgelagert werden.

Rinden- und Marksubstanz.

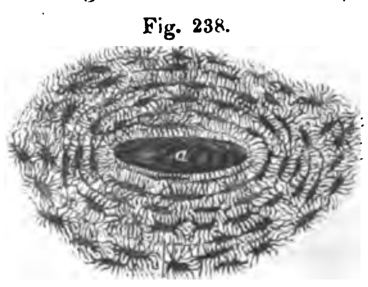
§. 1193. Die einzelnen Knochen zeigen dem freien Auge zweierlei, scheinbar verschiedene Massen, eine dichte, die Rinden- oder die Corticalsubstanz, und eine lockere, die Mark- oder die Medullarsubstanz. Zahlreiche Zwischenräume durchsetzen die letztere, so dass hier die Knochenmasse selbst als ein dünnes Balkenwerk erscheinen kann. Fliessen ihre Lücken zu einem oder mehreren Hohlräumen zusammen, so hat man eine Markhöhle des Knochens. Alle diese Interstitien enthalten Blutgefässe und einzelne Nervenstämmchen. Die grösseren führen noch das Knochenmark (*Medulla ossium*) innerhalb einer zellgewebigen Grundlage, deren Wandtheile man auch die Markhaut (*Endosteum*) zu nennen pflegt. Die zellgewebige Membran, die der Aussenfläche des Knochens dicht anliegt, heisst die Beinhaut (*Periosteum*).

Markcanäle.

§. 1194. Die mikroskopische Untersuchung lehrt, dass die Rinde und das Mark die gleiche Structur besitzen, wenn man von den Verhältnissen des Markinhaltes absieht. Die Markhöhlen gehen in ein eigenes System feiner Röhren, die Markcanäle oder die Havers'schen Röhrchen, welche die Rinde durchsetzen, über. Diese Gebilde fehlen nur in den sehr dünnen Balken und Blättern der Knochen. Die schmäleren führen nur Blutgefässe und Zellgewebe und vielleicht auch Nervenprimitivfasern.

Knochenblätter und Knochenkörperchen.

Fig. 238.



§. 1195. Verfertigt man sich einen dünnen Querschliff der Rinde eines Röhrenknochens, z. B. des Oberschenkelbeines, so sieht man, dass concentrische Knochenblätter um den Markcanal *a*, Fig. 238, herumgehen. Die Lücken zwischen den einzelnen Systemen concentrischer Ringe werden von eingeschalteten parallelen Knochenblättern (Taf. III. Fig. XLVII.) ausgefüllt. Eine grosse Menge spindelförmiger Gebilde, der Knochenkörperchen (Taf. III. Fig. XLVII. *e*) zieht sich längs der Grenzlinie der Querschnitte der Knochenblätter hin. Sie entlassen zahlreiche Strahlen, die spinnenfussartig ausgehend die Knochenmasse durchsetzen und sich hierbei auf das Mannig-

fachste verbinden. Ein einem Markcanale (Taf. III. Fig. XLVIII. *a*) paralleler Längenschliff zeigt häufig ein längs desselben hingehendes Netzwerk jener Strahlen der Knochenkörperchen.

§. 1196. Knochenblättchen, die keine Markcanäle enthalten, führen eine ihrer Unebenheiten wegen körnig aussehende Grundsubstanz und zahlreiche Knochenkörperchen. Die Strahlen der letzteren sind auffallend kurz und wenig verzweigt.

§. 1197. Ist der Knochenschliff dünn genug, dass man ihn bei durchfallendem Lichte betrachten kann, so erscheint die blätterige Grundmasse des Knochens hell. Viele Knochenkörperchen und deren Strahlen sind dunkel, andere dagegen durchsichtig. Man erkennt leicht, dass die hellen Knochenkörperchen Höhlungen bilden. Die Dunkelheit anderer dagegen kann von zweierlei Verhältnissen herrühren. Sie enthalten ein Luftbläschen in trockenen Knochen oder haben Schleifpulver in ihr Inneres aufgenommen. Sie erscheinen in dem letzteren Falle kreideweisser als die übrige Knochenmasse, wenn man sie auf dunkelem Grunde oder bei auffallendem Lichte untersucht.

Aschenskelett d. Knochens.

§. 1198. Der Knochen enthält eine organische Grundlage, den Knochenknorpel, und eine reichliche Menge, ungefähr $^2/_3$ der trockenen Masse an Aschenbestandtheilen. Lässt man die geringen Mengen der Kieselsäure, des Chlornatriums, des phosphorsauren Talkes und des Fluorcalciums unberücksichtigt, so bestehen die unorganischen Verbindungen aus $^4/_5$ basisch phosphorsaurer Kalkerde ($3\,CaO.PO_5$) und $^1/_5$ kohlensaurem Kalk ($CaO.CO_2$). Behandelt man die Knochen mit verdünnter Salzsäure, so werden die Aschenbestandtheile ausgezogen, während der Knochenknorpel zurückbleibt. Man sieht noch in diesem die Markcanäle und die Knochenkörperchen. Die Strahlen lassen sich nur bei gedämpftem Lichte und selbst dann nicht vollständig erkennen.

Vertheilung der Kalksalze.

§. 1199. Man glaubte früher, dass die Kalksalze in zweierlei Formen im Knochen enthalten sind. Ein Theil sei an die Grundsubstanz, die Knochenblätter, chemisch gebunden, ein anderer dagegen in der Form von Körnchen in den Knochenkörperchen und deren Strahlen, die man deshalb die kalkführenden Canälchen (*Canaliculi chalycophori*) nannte, mechanisch abgelagert. Man hat sich später überzeugt, dass dieses nicht der Fall ist. Die Knochenkörperchen und die Strahlen führen eine Flüssigkeit in den frischen Knochen. Sie bilden daher ein Lückensystem, das das specifische Gewicht der Knochen herabsetzt und Ernährungsflüssigkeit in kleine Bezirke derselben vertheilt. Ein trockener Knochenschliff zeigt übrigens häufig eine grössere Menge von Strahlen, weil feine Sprünge bei dem Schleifen nachträglich entstehen können. Dichtere Wandtheile begrenzen die Knochenkörperchen und deren Strahlen.

Mark.

§. 1200. Die weiteren Knochenhöhlen enthalten häufig mit Wasserdampf gesättigte Luftmassen neben dem Marke, das sich auch in die mittleren hineinzieht. Dieses besteht aus einer zellgewebigen, mit Blutgefässen und Nerven versehenen Grundlage, in der Fettkugeln und kleine kernhaltige röthliche Markzellen eingebettet liegen.

Primäre Verknöcherung.

§. 1201. Der verknöchernde Knorpel der primären Knochen (§. 1192) besteht immer aus ächter Knorpelmasse (§. 1185). Untersucht man einen senkrechten Schnitt, z. B. der Epiphyse eines in Verknöcherung begriffenen Röhrenknochens, so sieht man unter schwachen Vergrösserungen, die einen ausgedehnteren Ueberblick gestatten, dass die Knorpelkörper (Taf. IV. Fig. LI. *d*) in der Nähe der verknöcherten Masse in Längsreihen geordnet sind, weiter entfernt dagegen scheinbar unregelmässig zerstreut liegen. Man hat häufig angenommen, dass jene lineare Stellung davon herrühre, dass neue endogene Generationen von Knorpelzellen entstehen, wenn diese sich zur Verknöcherung vorbereiten. Ein sicherer Beweis dieser Anschauungsweise liegt für jetzt nicht vor. Da sich die Knorpelkörper nach der Verknöcherungsstelle hin zu vergrössern scheinen, so kann auch die lineare Stellung derselben aus einer entsprechenden Dimensionsveränderung der Grundmasse des Knorpels hervorgehen. Jene Reihen bilden jedoch keine nothwendige Vorbedingung des Verknöcherungsprocesses. Man vermisst sie, nach Reichert und Brandt[33]), in der Nähe des Knochenkernes des Schenkelbeines.

§. 1202. Die Blutgefässe, die den verknöchernden Knorpel in verhältnissmässig reichlicher Menge durchziehen, führen wahrscheinlich das Material, unter dessen Einflusse die Knochenmasse entsteht. Die Kalksalze lagern sich zuerst in der Grundmasse ab. Es kommt vor, dass man zuerst körnige, bei durchfallendem Lichte undurchsichtige oder mit dunkelen Rändern versehene Bezirke, die bei auffallendem Lichte weiss erscheinen und sich in verdünnter Salzsäure unter Aufbrausen lösen, in der Nähe der die Knorpelkörper enthaltenden Hohlräume wahrnimmt. Schreitet die Vererdung weiter fort, so bemerkt man ein undurchsichtiges Maschenwerk (Taf. IV. Fig. LI. *b c*), das in die benachbarte Knorpelmasse (*a b*) und zwar zwischen die Reihen der Knorpelkörper zackig hineinragt. Die den Zwischenräumen derselben entsprechenden Aggregate von Knorpelkörpern schrumpfen grösstentheils ein und gehen nach und nach zu Grunde. Die Maschenräume des Netzwerkes vergrössern sich später und füllen sich mit Markinhalt.

Secundäre Verknöcherung.

§. 1203. Bruch[34]) schliesst aus seinen zahlreichen Beobachtungen, dass sich der primäre Knochen, der aus der Ossification des ächten Knorpels hervorgegangen, nicht weiter vergrössert. Die Umfangszunahme des Knochens hängt vielmehr später von der Erzeugung secundärer Knochenmasse ab. Ein streifiges Blastem setzt sich zwischen ihm und der blutgefässreichen und mit Nerven versehenen Beinhaut ab. Es geht später in ein knorpeliges Maschenwerk rasch über. Seine grösseren Lücken bleiben als Markcanäle, während die kleineren zu Knochenkörperchen werden.

Bildung der Knochenkörperchen.

§. 1204. Viele Forscher betrachten die Knochenkörperchen als die Reste der centralen Hohlräume der Knorpelkörperchen. Henle erinnerte schon in dieser Beziehung an die Porencanäle der netzförmig verholzten Zellen und Gefässe der Gewächse. Wie diese von dem Lumen des Schlauches nach der Zellenwand hingehen, so sieht man, nach Kölliker, das Gleiche in der Nähe der Verknöcherungsstellen rhachitischer Knochen. Die Erdsalze setzen sich hier zuerst in dem Umkreise des Knorpelkörperchens ab. Die Ablagerung schreitet nach innen fort. Die von der Centralhöhle

strahlenförmig ausgehenden Spalträume werden jedoch von der Ablagerung verschont. Ist endlich das ganze Knorpelkörperchen vererdet oder in eine Knochenzelle übergegangen, so bleiben die Hohlräume der Knochenkörperchen und der Strahlen desselben als Lücken übrig. Kölliker glaubt auch ähnliche Erscheinungen in der Symphyse der Schambeine und den Synchondrosen der Wirbelkörper bemerkt zu haben. Andere Forscher, wie Bruch, Brandt und Reichert, stellen diese Verhältnisse in Abrede. Dem sei wie ihm wolle, so können nicht alle Knochenkörperchen des primären Knochens auf diese Weise entstehen, weil ihre Menge beträchtlich grösser als die der vorangegangenen Knorpelkörper ist. Die des secundären Knochens müssen ebenfalls einen anderen Ursprung haben. Die Wahrheit dürfte daher darin liegen, dass die Knorpelkörper Erdsalze in der oben geschilderten Weise bei unvollkommener Verknöcherung aufnehmen.

Dichte Knochensubstanz.

§. 1205. Der neugebildete Knochen enthält schwammigte Masse, wo wir in der Folge Rinde antreffen. Neue Knochensubstanz legt sich später wahrscheinlich um die Markcanäle. Die concentrische Schichtung lässt sich auf diese Weise erklären. Man vermisst sie jedoch auch ausnahmsweise in manchen Knochengebilden, die Markcanäle enthalten, z. B. in dem Cemente der Zähne und in krankhaften Verknöcherungen des Kehlkopfes.

Allmälige Veränderung der Knochen.

§. 1206. Der Formenwechsel der Knochen und der in ihnen enthaltenen Oeffnungen, dem wir im Laufe der nachembryonalen Entwickelung begegnen, lässt schliessen, dass die Knochenmasse zu den unveränderlichen Gebilden nicht gehört. Viele Krankheitserscheinungen, wie der Knochenschwund, die Knochenerweichung, unterstützen diese Folgerung. Man weiss dagegen nicht, ob und in welchen Zeitgrössen die Knochenmasse einer Integralerneuerung verfällt.

Integralerneuerung der Knochen.

§. 1207. Man glaubte früher die Frage auf dem Wege des physiologischen Versuches entscheiden zu können. Füttert man ein Thier mit einer Nahrung, die Krapp oder Alizarin ($C_{20}H_6O_6 + 4HO$) enthält, so werden die Knochen nach und nach roth. Die Färbung fällt in jüngeren Thieren lebhafter als in älteren aus. Wechselt man mit gewöhnlichen Speisen und solchen, denen Färberröthe beigemengt worden, so finden sich rothe und weisse Streifen in den Knochen jüngerer Geschöpfe. Flourens glaubte, dass diese verschiedenen, während der Fütterungszeit neu gebildeten Schichten angehörten. Neue Lagen sollten unter der Beinhaut entstehen, während die ältesten an der Markhaut aufgesogen wurden. Man hätte auf diese Weise eine von aussen nach innen fortschreitende, verhältnissmässig rasche Integralerneuerung der Knochenmasse, die sich in den Röhrenknochen der Extremitäten am leichtesten verfolgen liesse.

§. 1208. Die späteren Beobachtungen von Brullé, Huguény, Bibra und Bruch lehrten, dass eine andere Deutung der Wahrheit näher steht. Der in das Blut aufgenommene Farbestoff dringt in die Knochensubstanz leicht ein, weil er von der Kalkmasse derselben aus dem alkalischen Blute begierig aufgenommen wird. Die purpurrothe Alkalilösung des Alizarin wird von Kalkwasser roth niedergeschlagen. Man findet daher auch die rothe Färbung der Knochenmasse unter der Beinhaut und in der Nähe der Markcanäle oder an Stellen, die den Blutgefässen am nächsten liegen. Die Neubildung in jüngeren Knochen begünstigt eine reichlichere Aus-

scheidung. Ein Gegensatz von peripherischer junger und centraler alter Substanz lässt sich nicht nachweisen.

§. 1209. Die Hypothese der von aussen nach innen fortschreitenden Integralerneuerung sollte noch durch eine andere Art von Versuchen gestützt werden. Hat man einen Platin- oder Silberdraht um einen Röhrenknochen, wie das Schienbein fest herumgelegt, so findet man ihn nach einiger Zeit tief im Inneren, näher dem Markcanale. Man kann sich diese Thatsache erklären, ohne zu jener Hypothese seine Zuflucht zu nehmen. Wie ein fremder, in die Weichgebilde eingeführter Körper von einer Ausschwitzungscapsel umgeben wird, so setzt sich hier Knochenmasse ab. Greift eine stärkere Aufsaugung an der Einschnürungsstelle gleichzeitig ein, so wird der Draht um so eher nach innen rücken. Fremde, in die Markmasse geführte Körper erzeugen auf diese Weise einen inneren Callus.

Krankhafte Knochenbildung.

§. 1210. Da sich die Knochenmasse unter regelwidrigen Verhältnissen leicht erzeugt, so müssen die Bedingungen ihres Entstehens keine verwickelten Verhältnisse voraussetzen. Sie wuchert oft in reichlichstem Maasse und zwar in der Form von schwammiger Substanz bei den porösen Osteophyten und in der von dichter Masse bei den festen Exostosen und den Sklerosen. Ausgedehnte Lücken des Unterkiefers, der Rippen, der Beckenknochen können nach wenigen Monaten hergestellt sein. Wir werden später sehen, dass die Möglichkeit der Heilung der Knochenbrüche auf der leichten Erzeugung von Knochenmasse beruht. Es muss daher um so mehr auffallen, dass nur ein Theil der kalkigen Concremente ächte Knochensubstanz enthält.

§. 1211. Die Knochenplatten, die nicht selten an der harten Hirn- oder Rückenmarkshaut gefunden werden, bieten den wahren Knochenbau dar. Man hat jedoch geflossene Kalkmassen an der Hirnsichel, z. B. in Wöchnerinnen, in denen der Nachweis der Knochenstructur unmöglich bleibt. Die Concremente der Muskeln, die sogenannten Exercirknochen, die der Netzhaut, der äusseren Haut zeigen den ächten Knochenbau. Die Verderdungen der Schlagadern, die meisten Concremente der Lungen, die Kalkmassen in den Blasenwänden grosser Kröpfe besitzen ihn nicht. Die Endschicksale der Fettmetamorphose führen zur Vererdung, nicht aber zur Knochenbildung. Ist diese vorhanden, so kann sie aus Knorpel, wie der primäre, oder aus einer Bindegewebemasse, wie der secundäre Knochen, hervorgegangen sein.

Erweichung der Knochenmasse.

§. 1212. Es kommt in der englischen Krankheit und der Knochenerweichung vor, dass die erdigen Bestandtheile der Knochen abnehmen. Reichliche Knorpelmassen wuchern in dem Endochondrome. Sie treiben oft die Phalangenknochen knollig auf, so dass die Knochensubstanz zu einer dünnen, lückenhaften Rindenschicht zurückgeführt wird. Die knorpelige Masse bietet die Merkmale des ächten Knorpels dar. Man kann bisweilen, nach Virchow, sternförmige Knorpelzellen, die ihre selbständige Wandung haben, gesondert darstellen.

Zähne.

§. 1213. Die Skeletttheile des Zahnes bestehen aus drei Hauptmassen, dem Zahnbein, der ächten Zahnsubstanz oder der Dentine, welche die Grundlage des Ganzen bildet, dem Schmelze oder dem Email, das die Krone, und dem Cemente oder dem Zahnkitt, der den Wurzeltheil des Zahnes des

Menschen bekleidet, sich aber auch in den Zähnen vieler Säugethiere in die Krone hinaufzieht. Der von dem Zahnbeine übrig gelassene Hohlraum, die Zahnhöhle, enthält die Zahnpulpe, den Zahnkeim oder das Zahnsäckchen, in dem die Gefässe und die Nerven des Zahnes verlaufen. Diese tiefe Lage schützt sie daher vor den Einflüssen des Druckes und vieler anderen äusseren Wirkungen in hohem Grade. Wie dem Knochen, so liegt auch ein knorpeliges organisches Skelett, das man durch vorsichtige Behandlung mit Salzsäure (§. 1198) zum Vorschein bringt, dem Zahne zu Grunde.

§. 1214. Die ächte Zahnsubstanz (Taf. III. Fig. XLIX. *adb*) besteht aus einer gleichartigen Grundmasse, in welcher die Zahnfasern, die Zahnröhrchen oder Zahncanälchen (*d*) verlaufen. Sie bilden geschwungene Röhren, die im Allgemeinen von der Zahnhöhle nach dem Schmelze hin schmäler werden, viele freie Seitenzweige auf diesem Wege abgeben und endlich in dünne, sich oft gabelig theilende und nicht selten schlingenartig verbundene Röhren (*b*) übergehen. Man hat daher hier ein Saftsystem, welches die Hauptmasse des Zahnes durchzieht (§. 1199). Die Röhrchen streichen im Allgemeinen an dem oberen Theile des Zahnes nach oben. Sie legen sich nach den Seitenflächen allmälig horizontal und richten sich endlich an der Wurzelspitze nach unten. Ein mehrwurzeliger Backenzahn zeigt in dieser wie in seinen übrigen Beziehungen Verhältnisse, wie sie einer Verschmelzung eben so vieler Schneide- oder Eckzähne entsprechen würden, als Wurzeln vorhanden sind. Zahnbein.

§. 1215. Der Schmelz (Taf. III. Fig. XLIX. *bc*) besteht aus regelmässig verflochtenen Schmelzfasern oder Schmelzprismen, die häufig eigenthümliche Vertheilungen von Licht und Schatten oder selbst Schillerfarben optischer Interferenzverhältnisse wegen darbieten. Ein dünner, nur erst nach der Behandlung mit Salzsäure kenntlicher Ueberzug, das Schmelzhäutchen, bekleidet die Aussenfläche der Schmelzmasse. Schmelz.

§. 1216. Der Zahnkitt ist ächte Knochenmasse, die selbst Markcanälchen (Taf. III. Fig. L. *d*) enthalten kann, sie jedoch in den Zähnen des Menschen meistentheils nicht darbietet. Die Knochenkörperchen entlassen zahlreiche Strahlen wie in der gewöhnlichen Knochensubstanz. Cement.

§. 1217. Das organische Skelett der Zähne beträgt dem Gewichte nach weniger als das der Knochen. Es gleicht $^1/_5$ bis $^3/_{10}$ in der ächten Zahnmasse, $^1/_{20}$ bis $^1/_{25}$ im Schmelze, dagegen etwas weniger als $^1/_3$ in dem Cemente. Kohlensaure und phosphorsaure Kalk- und Talkerde, Fluorcalcium und Chlornatrium bilden auch hier die Hauptbestandtheile der Erdsalze. Aschenbestandtheile.

§. 1218. Wir haben schon §. 144 gesehen, dass Flüssigkeiten den Schmelz leichter durchdringen, als sich auf den ersten Blick erwarten liesse. Man darf daher annehmen, dass seine Masse eine gewisse, wenn auch sehr kleine Menge von Flüssigkeit in lebenden Zähnen zu jeder Zeit einschliesst. Sie wird eine Wechselverbindung zwischen dem Safte der Zahnröhrchen oder der Ernährungsflüssigkeit der Pulpe und den Mundflüssigkeiten möglich machen. Die Gelegenheit eines Molecularwechsels ist auf diese Weise gegeben. Molecularwechsel.

§. 1219. Man hat aus den Folgen der Färberöthefütterung schliessen wollen, dass sich neue Schichten von Zahnsubstanz an der Grenzfläche der

Zahnhöhle absetzen, während die ältesten peripherischen zu Grunde gehen. Die Röthung der inneren Lagen des Zahnbeines, die man nach dem anhaltenden Genusse des Krapps bemerkt, rührt aber nur davon her, dass hier die Entfernung von den Blutgefässen der Pulpe am kürzesten ausfällt (§. 1208).

§. 1220. Die Nagezähne der Nagethiere, deren sehr lange Wurzeln im Ober- und Unterkiefer fest eingekeilt sind, reiben sich nach und nach an ihren freien Schneiden merklich ab. Eine lebhafte Ernährung ersetzt den Verlust. Haben die Thiere keine Gelegenheit, die Zahnenden abzuschleifen, so wachsen die Zähne übermässig aus, sie krümmen sich und dringen selbst in den Kiefer ein. Fig. 239 *b* zeigt dieses z. B. an einem Schneidezahne des Oberkiefers *a* eines Hasen. Man kann solche Missbildungen in Mäusen künstlich erzeugen, wenn man sie in einem Glase Monate lang mit weichen Massen ernährt und ihnen das Nagen unmöglich macht.

Fig. 239.



Hohlwerden der Zähne.

§. 1221. Ist der Zahnkeim zerstört, so geht der Zahn aus Mangel an Nahrungszufuhr unter. Er lockert sich in seiner Alveole, wird brüchiger und fällt gelegentlich aus. Wird der Zahn von aussen angefressen, so beginnt die Vertiefung an dem Schmelzhäutchen und schreitet von da nach der Zahnhöhle fort. Das Ganze beruht auf einer eigenthümlichen Art von Fäulnisszersetzung, deren nähere Verhältnisse noch nicht ermittelt worden. Die Umgebung des Loches erscheint bräunlich oder gelblich. Die benachbarten Zahnröhrchen können sich mit der Umsatzmasse füllen. Falsche Zähne werden übrigens bisweilen, nach Tomes, eben so gut cariös als ächte.

Ausfallen.

§. 1222. Das Zahnbein scheint die Berührung der Luft nicht zu vertragen. Hat eine chemische Einwirkung eine Stelle des Schmelzes durchbohrt oder ist ein Stückchen desselben abgesprungen, so wird auch die benachbarte ächte Zahnsubstanz durchlöchert. Die Atmosphäre und Bestandtheile der Nahrungsmittel dringen zu dem nervenreichen Zahnsäckchen und erregen hier Schmerz und Entzündung. Die hieraus folgenden örtlichen Ernährungsstörungen bewirken es, dass einzelne Stücke der Krone abbrechen. Die Zahnschmerzen dauern aber fort, weil die Nerven in anderen Theilen der Pulpe unversehrt bleiben. Stirbt der Keim vollständig ab, so fällt der Zahn im Ganzen aus oder es bleibt der Wurzeltheil in der Alveole zurück.

Regelwidrige Zahnbildung.

§. 1223. Die Zahnsubstanz fordert zu ihrer Herstellung verwickeltere Bedingungen als die Knochenmasse. Sprünge des Zahnes heilen durch Cement oder Knochenmasse. Während sich Knochen unter den verschiedensten krankhaften Verhältnissen häufig bilden, entstehen Zähne nur in seltenen Fällen in Eierstocksgeschwülsten. Diese führen zugleich Fett und Haare (§. 1146) und nicht selten Knochenstücke oder faserige knorpelharte Massen, in denen die Zähne wie in einem Kiefer haften.

§. 1224. Die quergestreiften Muskelfasern (Taf. IV. Fig. LXIII. und LIV.), die in allen Muskeln des Kopfes, des Halses, des Rumpfes und der Extremitäten, den Muskeln der Augenhöhle, den ächten Muskeln der Gehörknöchelchen, der Muskulatur der Zunge, des weichen Gaumens, des Schlundes und des oberen Drittheiles der Speiseröhre, dem Herzen, dem Zwerchfelle, den tiefen Muskeln des Beckens und des Dammes sowie den hierher gehörenden Muskeln der Geschlechtstheile vorkommen, bestehen aus feinen Längsfäden, die ziemlich parallel in der Längenrichtung der einem kreisförmigen oder elliptischen Cylinder ähnlichen Muskelfaser dahingehen. Die Querstreifen bilden nur den optischen Ausdruck der regelmässigen transversalen Anordnung der Erhöhungen und Vertiefungen der Muskelfäden. Man vermisst sie daher an einzelnen Stellen frischer Muskelfasern, wenn jeder Faden in einer geraden Ebene verläuft.

Quergestreifte Muskelfasern.

§. 1225. Eine eigene glashelle Scheide, das Sarcolemma oder Myolemma (Taf. IV. Fig. LXIV. *b*), umgiebt eine jede Muskelfaser. Die Essigsäure, welche die Substanz der Muskelfaser durchsichtiger macht, ohne ihre Querstreifung aufzuheben, lässt zahlreiche Kerne zwischen dem Sarcolemma und der Muskelfaser zum Vorschein kommen. Jene Hülle widersteht Säuren und Alkalien nachdrücklicher als die Sfibstanz der Muskelfasern. Das Perimysium oder Massen von Bindegewebe ziehen sich zwischen den einzelnen Gruppen von Muskelfasern hin. Die Gefässe und die Nerven, die sich in dem Inneren eines Muskels verbreiten, verlaufen in ihnen. Heftet sich eine Sehne an einen Muskel, so umfassen die Sehnenelemente die verschmälerten und abgerundeten Enden der Muskelfasern. Die Muskelfäden gehen aber nicht unmittelbar in Sehnenfäden über.

Sarcolemma.

§. 1226. Der Neugeborene hat beträchtlich dünnere Muskelfasern als der Erwachsene. Man darf hieraus schliessen, dass der Umfang der Fasern bei fortgesetztem Wachsthum zunimmt. Führen die Ernährungserscheinungen zu einer regelwidrigen Querschnittsvergrösserung der einzelnen Muskelfasern, so muss die entsprechende Muskelpartie hypertrophisch werden. Das Umgekehrte wird einen atrophischen Zustand herbeiführen können.

Zahl und Breite der Muskelfasern.

Die rückschreitende Metamorphose und die Aufsaugung können einzelne Muskelfasern zu Grunde richten. Eine Neubildung von Muskelfasern findet wahrscheinlich bisweilen ebenfalls statt. Die mittleren Querschnitte der Fasern des gleichen Muskels eines erwachsenen Mannes und eines abgemagerten Mädchens weichen oft unter einander weniger ab als die mittleren Durchmesser der gesammten Muskelmasse. Jene verhielten sich z. B. wie 1,5 : 1 und diese wie 1,9 : 1. Hing der Unterschied nicht von den Perimysialgebilden ab, so muss der Muskel des kräftigeren Mannes mehr Muskelfasern enthalten haben. Die Uebung, welche die Muskeln stärkt, macht wahrscheinlich die Muskelfasern breiter. Sie vergrössert aber auch vielleicht die der Querschnittseinheit entsprechende Menge derselben.

§. 1227. Da der Querschnitt *a* einer Muskelabtheilung oder eines ganzen Muskels *a* — *b* Muskelelemente enthält, wenn *b* die Menge der Perimysialgebilde bezeichnet, so folgt, dass jedes Wachsthum von *b* den relativen Werth der Muskelmasse verkleinert. Die blosse Querschnittsgrösse der Muskeln gestattet daher keinen Rückschluss auf die Kraft derselben. Dieses erklärt es auch, weshalb häufig fette Menschen umfangreiche, aber schwache

Muskelquerschnitt.

Muskeln besitzen und magere Personen eine grosse Körperkraft darbieten können.

Querschnitt der Muskelfasern.

§. 1228. Die Anzahl der Muskelfäden wächst im Allgemeinen mit dem Querschnitte der Muskelfasern. Wir werden aber in der Bewegungslehre sehen, dass die Leistungsfähigkeit einer Muskelfaser mit dem Querschnitt derselben nicht gleichförmig zunimmt, weil die einzelnen Muskelfäden ungleiche Wirkungsmaxima darbieten können.

Entartung der Muskelfasern.

§. 1229. Die Ernährungserscheinungen führen häufig zu der Ueberzeugung, dass ein wesentlicher Massenumsatz in den Muskelfasern stattgefunden hat. Das Mikroskop lehrt hier in vielen Fällen weniger als das freie Auge. Die blasse Färbung und die Mürbheit eines seit Jahren unthätigen Muskels fällt ohne Weiteres auf. Man kann aber häufig die Muskelfasern desselben von gesunden Fasern unter dem Mikroskope nicht unterscheiden. Erst stärkere Entartungen verrathen sich auch hier durch Ablagerungen von Körnchen und theilweise macerationsähnliche Zerstörungen der Muskelfasern mit oder ohne Verödung des Sarcolemma. Die Vermuthung, dass die nach innen von dem letzteren vorhandenen Kerne (§. 1225) den Ausdruck der jüngeren Bildungen der in fortwährender Integralerneuerung begriffenen gesunden Muskelfasern bilde, hat keine sichere Grundlage.

Fig. 240.



Vernarbung von Muskelwunden.

§. 1230. Die Neubildung der quergestreiften Muskelfasern des Menschen und der höheren Thiere setzt verwickeltere Bedingungen, als die Erzeugung zellgewebiger Narbenmassen voraus. Eine Verletzung der Muskeln heilt daher durch Narbenfasern. Untersucht man eine solche Stelle mikroskopisch, so sieht man, dass die getrennten Muskelfasern *a*, Fig. 240, verschmälert und zwar zugespitzt oder abgerundet enden. Die Narbenfasern *b* heften sich an sie wie angeleimte Fäden, welche die beiderseitigen Verletzungsstellen der Muskelmassen eng zusammenhalten. Da eine Querschnittseinheit von Narbenfasern kleiner ist als eine äquivalente Einheit von Muskelfasern, so erscheint die Narbenstelle schmäler als der übrige Muskel.

Neubildung von Muskelfasern.

§. 1231. Quergestreifte Muskelfasern erzeugen sich fast nie in Ausschwitzungsmassen. Lässt

man die älteren Fälle, deren Richtigkeit bezweifelt werden kann, unbeachtet, so fand Rokitansky quergestreifte Fasern in einer Hodengeschwulst. Virchow und Kölliker beobachteten langgestreckte, spindelförmige, quergestreifte Zellen in einer Entartung des Eierstockes.

Glatte Muskelfasern.

§. 1232. Glatte, einfache oder platte Muskelfasern (Taf. IV. Fig. LIX. und LXI.) finden sich in der äusseren Haut und den Gängen der in ihr eingebetteten Drüsen (§. 844), der Regenbogenhaut und dem Spanner der Aderhaut des Auges, dem ganzen Darmcanal und zwar sowohl in der Muskel- als zum Theil in der Schleimhaut desselben, den Wänden der Schlagadern, der Blutadern und der Lymphgefässe, den grösseren Drüsengängen, den Absonderungsbehältern (§. 841) und den mit ihnen zusammenhängenden Ausführungsröhren, wie dem Gallenblasengange und der Harnröhre, der Milz, den Samenblasen, der Scheidenhaut des Hodens, den Fachgeweben der Ruthe und des Kitzlers, den Eileitern, der Gebärmutter, den breiten Mutterbändern und der Scheide. Sie bestehen aus einer parallel faserigen grauweissen Grundmasse, in der zahlreiche Kerne regelmässig und wechselständig vertheilt sind. Essigsäure, Citronensäure, Weinsteinsäure lassen diese Kernbildungen deutlicher hervortreten (Taf. IV. Fig. LXI.). Die Zerfaserung derselben erzeugt wahrscheinlich künstlich eine Menge von spindelförmigen Gebilden (Taf. IV. Fig. LX.), den sogenannten contractilen Zellenfasern oder Faserzellen, die den Faserzellen des sich entwickelnden Bindegewebes (§. 1178) ähnlich sehen. Ihre beiden Endstücke zeigen viele unregelmässige Querstreifen, wenn man sie, nach Reichert, mit Salz- oder Salpetersäure, die um das Vierfache mit Wasser verdünnt worden, behandelt hat.

Dünne Querschnitte der frischen und vorzüglich der getrockneten hierher gehörenden Muskelmassen lehren, dass die Muskelelemente gruppenweise beisammen liegen und durch meist schmale Zwischenräume einer dem Perimysium ähnlichen zellgewebigen Masse geschieden werden.

§. 1233. Vergrössert sich die Gebärmutter im Laufe der Schwangerschaft, so lassen sich die glatten Muskelfasern derselben deutlicher erkennen. Die Zerfaserung liefert bisweilen, nach Kölliker, Faserzellen von verhältnissmässig ausserordentlicher Länge. Verengerungen der Harnröhre oder andere Bedingungsglieder, die den Austritt des Urines erschweren, lassen auch die einfachen Muskelfasern hypertrophisch werden. Aehnliche Erscheinungen kehren an dem Darme und den Ausführungsgängen der Drüsen häufig wieder. Die Frage, ob sich glatte Fasern in einer Ausschwitzung gebildet haben, lässt sich wegen der Aehnlichkeit mit Zellenfasern meistentheils nicht entscheiden. Da aber Blutgefässe und Saugadern in Exsudaten entstehen, so kann die Möglichkeit der Neubildung in diesen Theilen nicht bezweifelt werden.

Bestandtheile des Nervensystemes.

§. 1234. Das centrale Nervensystem, zu dem das Gehirn und das Rückenmark gehören, und das peripherische, welches die Nerven und die Nervenknoten oder die Ganglien umfasst, führen zweierlei Hauptelemente, die Nervenprimitivfasern oder die Nervenfasern (Taf. V. Fig. LXVIII. und Fig. LXXVI. *g*) und die Ganglienkugeln, die Nerven- oder die Belegungskörper (Taf. V. Fig. LXXI. *a b c* und Fig. LXXIV.). Die meisten Nerven bestehen aus peripherischen und die reinen Markmassen des Gehirns und

des Rückenmarkes aus centralen Nervenfasern. Die Knoten des peripherischen Nervensystemes führen peripherische und die meisten gefärbten Massen des centralen centrale Ganglienkörper. Elementartheile, wie die Scheidenfortsätze oder die Remak'schen Fasern der Ganglienkugeln und der Nervenäste, die mit Nervenknoten zusammenhängen, körnige Massen verschiedener Art, die stärkemehlartigen Körper, Pigmentzellen und andere Gewebeelemente können noch zu jenen Hauptelementen hinzutreten.

Nervenverzweigung.

§. 1235. Ein jeder peripherische Nerv enthält eine grosse Zahl von Primitivfasern, die wie gesonderte Leitungsdrähte neben einander verlaufen. Die scheinbare, dem unbewaffneten Auge kenntliche Nervenverzweigung hat nur darin ihren Grund, dass sich eine gewisse Menge von Primitivfasern, *B*, Fig. 241, von dem Hauptstamme *AC* trennt. Die Anastomosen *E*, Fig. 242, rühren von dem Uebertritt einer Anzahl von Primitivfasern aus einem

Fig. 241.

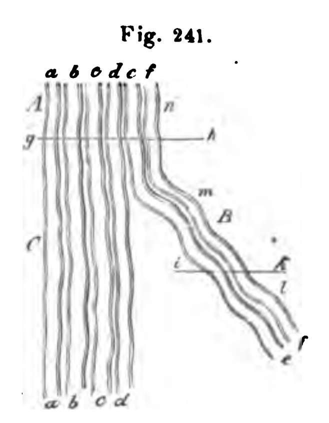
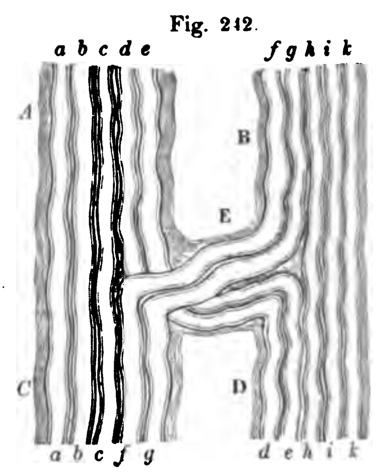


Fig. 242.



Stamme *AC* nach einem anderen *BD* oder von einem wechselseitigen Austausche der Bestandtheile zweier Nerven her.

Primitivband.

§. 1236. Die Behandlung mit Essigsäure, Chromsäure oder Sublimat und selbst nur mit Wasser lässt drei Hauptbestandtheile an jeder peripherischen oder centralen Nervenfaser erkennen. Eine durchsichtige Hülle, die Begrenzungshaut, umschliesst das Ganze. Man sieht eine milchweisse gleichartige Masse, das Mark oder das Markrohr, innerhalb derselben. Ein streifiges und oft abgeplattetes Gebilde, das Primitivband, der Achsencylinder oder der Achsenschlauch, wird in der Mitte bemerkt.

Fig. 243.



Gerinnung des Nervenmarkes.

§. 1237. Das Nervenmark gerinnt einige Zeit nach dem Tode. Es legt sich in Falten, erhält hierdurch eine Menge dunkeler unregelmässiger Linien *c*, Fig. 243, und zerfällt endlich in eine Reihe klumpiger Bruchstücke, die sich trennen, wenn man den Nerveninhalt aus der Hülle herausdrückt (Taf. V. Fig. LXXV.). Man kann häufig bemerken, dass einzelne Primitivfasern des gleichen Nervenbündels nach kurzem Aufenthalte im Wasser erstarren.

während andere die längste Zeit gleichförmig bleiben. Derselbe Unterschied zeigt sich auch im Verlaufe der Fäulnisszersetzung.

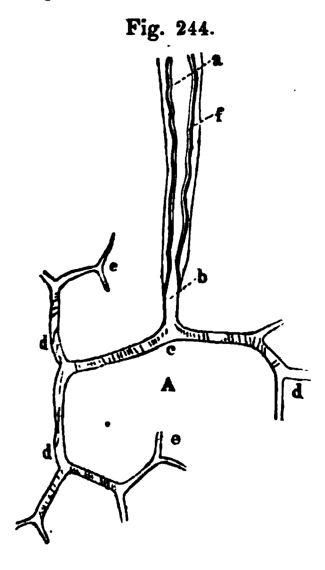
Isolirung des Primitivbandes. §. 1238. Zerreisst man ältere Nervenfasern, so brechen oft die Begrenzungshaut und die Markhülle an einer anderen Stelle als das festere Primitivband. Dieses ragt daher peitschenförmig heraus (*b*, Fig. 243). Man kann es ohne den Gebrauch von Reagentien in frischen Fasern nicht erkennen. Sein Vorkommen überhaupt beweist aber, dass der centrale Theil des Nerveninhaltes eine andere Beschaffenheit als der peripherische hat. Keiner von beiden besteht aus reinen Fettmassen.

Varicositäten. §. 1239. Die halbflüssige Beschaffenheit des Markes und die Zartheit der Begrenzungshaut bedingen es, dass Primitivfasern, die an einzelnen Stellen ihres Verlaufes stärker als an anderen gedrückt werden, ihre cylindrische Form einbüssen. Das Mark nimmt an den gepressteren Stellen ab und an den Orten geringeren Widerstandes zu. Man erhält auf diese Weise bauchige Anschwellungen oder Varicositäten, die durch verengte Stücke wechselseitig getrennt werden (Taf. V. Fig. LXVIII. *c d*). Solche varicöse Fasern entstehen am leichtesten in den weicheren Elementartheilen des centralen Nervensystemes. Man findet sie in peripherischen Nervenfasern, wenn diese bei der Präparation gezerrt worden. Man sieht sie daher z. B. an den von dichteren Massen eingehüllten Fasern der Ganglien und der Aeste derselben.

Theilung der Primitivfasern. §. 1240. Viele Primitivfasern theilen sich in zwei oder selbst in eine grössere Anzahl von Zweigen (Taf. V. Fig. LXX.). Man findet diese Spaltungen am häufigsten in den Endbezirken des Verlaufes der peripherischen Nerven. Sie kommen aber auch hin und wieder in den Stämmen und in den Ganglien vor. Scheintheilungen erzeugen sich leicht in den Markmassen des centralen Nervensystemes unter dem Einflusse des Druckes.

Markige und marklose Fasern. §. 1241. Man kann in den Blättchen der elektrischen Organe der Zitterrochen am deutlichsten wahrnehmen, dass die ächten markigen Nervenfasern in marklose übergehen. Fig. 244 wird dieses von R. Wagner beschriebene Verhältniss näher versinnlichen. Ist *a b* das von der Begrenzungshaut *f* umschlossene Mark, so wird die Faser in ihrem späteren Verlaufe blasser. Sie erscheint nicht mehr milchweiss, sondern gelblich, und theilt sich zu wiederholten Malen. Man nennt diese späteren Elemente **embryonale Fasern**, weil ihr Aussehen an frühere Entwickelungszustände der Primitivfasern erinnert. Man hat solche Fasern aus den mannigfachsten Theilen der höheren Geschöpfe ebenfalls beschrieben. Viele sind jedoch nur Truggebilde gewesen, indem Verwechselungen mit Nervenfasern, deren Mark durch Druck zerstört worden, oder mit elastischen Fasern stattgefunden haben.

Fig. 244.



Vater'sche Körperchen.

§. 1242. Man findet an einzelnen Nerven des Menschen, der Säugethiere und der Vögel kleine, schon mit freiem Auge kenntliche, halb durchsichtige Knötchen, die Vater'schen oder die Pacini'schen Körperchen. Sie bilden gestielte und concentrisch geschichtete Kapseln *a*, Fig. 245, in deren Innerem eine Nervenfaser verläuft. Man erkennt in der Regel ihren Markinhalt in dem Stiele *cd* und einem Theile des Kapselcanales *b*. Die Faser wird später blasser, erscheint bisweilen getheilt und lässt sich in der Regel nicht weiter verfolgen. Es gelingt in seltenen Fällen, nachzuweisen, dass die Nervenfaser das Körperchen von Neuem verlässt. Mehrere solcher Gebilde können auch zu einer Hauptmasse verschmelzen.

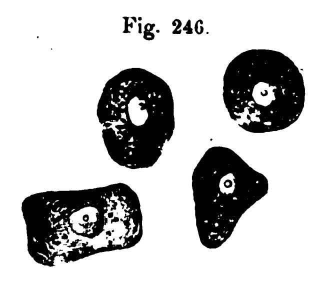
Fig. 245.

§. 1243. Die Vater'schen Körperchen finden sich in reichlichster Menge in dem Gekröse der Katze, in den Nerven der Handfläche und der Fusssohle des Menschen und vereinzelt und unbeständig in vielen anderen Körpernerven. Sie kommen im Embryo und zu allen Lebenszeiten vor. Es wäre möglich, dass sie nur den Ausdruck abnormer oder ungewöhnlicher Ernährungsbedingungen einzelner Stellen der Nervenprimitivfasern bilden.

Ganglienkugeln.

§. 1244. Die Ganglienkugeln oder die Nervenkörper, Fig. 246, welche die charakteristischen Bestandtheile der peripherischen Nervenknoten und der grauen Massen der Centraltheile des Nervensystemes bilden, bestehen aus einer körnigen Grundmasse (Taf. V. Fig LXXI. *a*), einem hellen, bläschenartigen Kern (*b*) und einem einfachen oder seltener mehrfachen Kernkörperchen (*c*). Ihre Anhäufung erzeugt die Anschwellungen der peripherischen Nerven, die wir mit dem Namen der Nervenknoten oder der Ganglien bezeichnen. Es kommt aber auch vor, dass nur ein oder wenige Ganglienkugeln zwischen den Primitivfasern eingeschaltet sind und die Durchmesserveränderung der Nerven unmerklich bleibt.

Fig. 246.



Durchtretende und umspinnende Fasern.

§. 1245. Untersucht man ein kleineres und daher halbdurchsichtiges Ganglion, z. B. einen Brustknoten des Grenzstranges der sympathischen Nerven der Katze, unter schwachen Vergrösserungen, so sieht man, dass ein Theil der Nervenbündel *aa*, Fig. 247, einfacher durchgeht, ein anderer *c* und *d* dagegen in untergeordnete Zweige zerfällt. Viele von diesen gehören ebenfalls noch zu den durchsetzenden Fasern; andere hingegen zerfallen in einzelne umspinnende Primitivfasern, die sich zwischen den Ganglienkugeln durchwinden.

Einschaltung der Ganglienkugeln.

§. 1246. Zerrupft man einen Knoten, z. B. den Gasser'schen Knoten des dreigetheilten Nerven eines Hechtes oder einer Quappe (*Gadus lota*).

so geben alle Ganglienkugeln Anschauungen, wie sie Fig. 248 oder Taf. V. Fig. LXXII. darstellt. Der Nervenkörper liegt in dem Verlaufe einer markigen Nervenfaser eingeschaltet. Er ist, wie man sich ausdrückt, eine **bipolare Ganglienkugel**. Etwas Aehnliches lässt sich in allen ande-

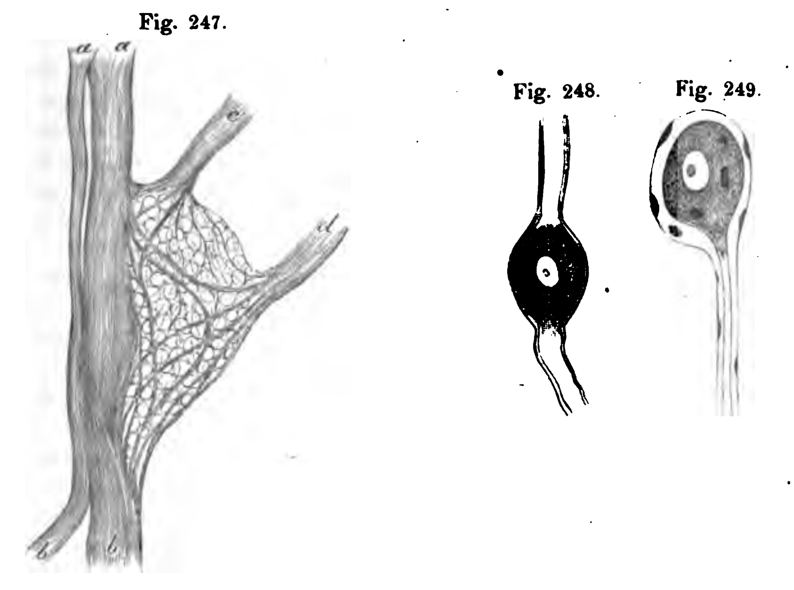


Fig. 247. Fig. 248. Fig. 249.

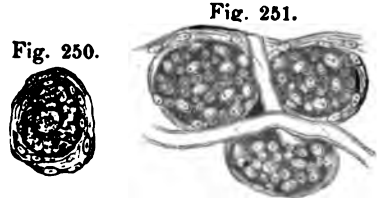
ren Knoten der Fische und der höheren Wirbelthiere in einzelnen Präparaten beobachten. Die Untersuchung wird oft in den höheren Geschöpfen erschwert, weil die von den beiden Polen der Ganglienkugel ausgehenden Cylinder eine dickere, grauweisse oder gelbliche und körnige Begrenzungshaut und keinen milchweiss durchschimmernden Nerveninhalt besitzen. Man stösst hierbei auf Ganglienkugeln mit einseitigen Fortsätzen, Fig. 249, und hat hieraus häufig geschlossen, dass Nervenfasern aus jenen entspringen. Alle solche Anschauungen können diesen Satz nicht beweisen, weil man nur Ganglienkugeln mit doppelten Nervenfaserfortsätzen in allen unzweifelhaften Beobachtungen wahrnimmt. Man findet in der That oft genug bei genauerem Nachsuchen einen zweiten abgerissenen Fortsatz an den Fig. 249 dargestellten Formen. Es lässt sich eben so wenig mit Sicherheit darlegen, dass die körnige Grundmasse der Ganglienkugel in das Primitivband der benachbarten Markfasern, wie es Fig. 249 andeutet, übergeht. Beide stossen an einander. Wie sie sich hierbei verhalten, wird die Zukunft entscheiden müssen.

§. 1247. Die kleineren Ganglien, die man z. B. in der Vorhofsscheidewand oder der Harnblase der Frösche findet, liefern den Beweis, dass nicht alle Ganglienkugeln in Nervenfasern eingeschaltet sind. Man findet hier bisweilen, dass mehr als ein Dutzend Ganglienkugeln einer einzigen Markfaser entsprechen.

§. 1248. Hat man ein Ganglion, z. B. des Frosches, eines Menschen oder eines Säugethieres, fein zerrupft, so fallen viele Ganglienkugeln hüllen-

los, wie es Fig. 246, S. 366, zeigt, heraus. Man sieht aber auch bisweilen in dem Menschen, den Säugethieren und den Vögeln einzelne Nervenkörper, die von einer mit Kernen besetzten faserigen Scheide, Fig. 250, umgeben werden. Kleinere Haufen, zwischen denen sich umspinnende Markfasern hinziehen, zeigen noch deutliche Reste ganzer Systeme von Scheidenbildungen, Fig. 251. Passende, mit dem Doppelmesser bereitete Durchschnitte führen zu klareren Anschauungen. Man sieht, dass sich die Hüllenbildungen der Ganglienkugel (Taf. V. Fig. LXXI. *d*) in graue, mit Kernen (*f*) besetzte Fasern oder Streifen (*e*), die Remak'schen Fasern, fortsetzen und in den mit den Ganglien zusammenhängenden Nervenästen eine Strecke fortgehen. Sie vergrössern daher den Umfang der Nerven. Diese besitzen im Ganzen eine graue Farbe, weil sie nicht bloss markige und daher milchweisse Primitivfasern (*g*), sondern auch graue Fasern enthalten. Remak will in diesen Scheidenfortsätzen Achsenschläuche oder einfaches Nervenmark wahrgenommen haben. Kleine gangliöse Körner sind häufig mitten in ihrem Verlaufe eingeschaltet.

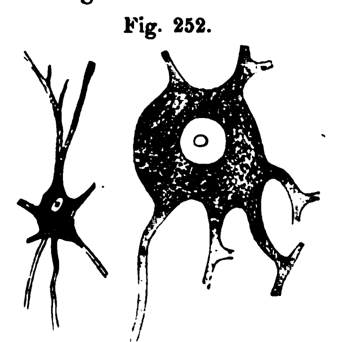
Fig. 250. Fig. 251.



Multipolare Ganglienkugeln.

§. 1249. Man findet schon in manchen Knoten jüngerer Geschöpfe z. B. hin und wieder im Gasser'schen Knoten des dreigetheilten Nerven des Neugeborenen, dass von den in zarten Hüllen eingeschlossenen Ganglienkugeln Fortsätze ausgehen, die sich kurz darauf gabelig theilen (Taf. V. Fig. LXXIV. *acd*), oder dass eine Ganglienkugel zwei nicht polare oder eine grössere Anzahl von Fortsätzen aussendet. Die gleichen Erscheinungen wiederholen sich häufiger in den Ganglienkugeln oder den Belegungskörpern des centralen Nervensystemes. Fig. 252 sind zwei solche multipolare Ganglienkugeln. Man sieht dieses am besten an Stücken von grauen Massen, die schon durch Fäulniss erweicht worden oder in einer wässerigen Lösung von kaustischem oder kohlensaurem Ammoniak gelegen haben. Einzelne noch erhaltene Ganglienkugeln lassen sich dann aus der übrigen Masse leichter herauslösen oder innerhalb derselben deutlicher erkennen.

Fig. 252.



§. 1250. Die Fortsätze haben eine grauweisse oder eine grauröthliche Farbe (Taf. V. Fig. LXXVI. *e* und *f*). Einzelne von ihnen scheinen bisweilen in eine markige Nervenfaser (*g*) überzugehen. Viele solcher Anschauungen erweisen sich aber als Trugbilder bei dem Gebrauche stärkerer Linsensysteme. Da diese eine kürzere Brennweite haben und daher geringere Tiefenanschauungen liefern, so bemerkt man, dass man den Focus für den Fortsatz *f* höher oder tiefer einstellen muss, als für den Endtheil der Markfaser *g*, d. h. dass beide durch Ueberlagerung zusammenstossen, nicht aber wechselseitig wahrhaft übergehen. Ausgedehntere Untersuchungen

machen es wahrscheinlich, dass viele der Fortsätze die Hüllen der Ganglienkugeln wechselseitig verbinden, während andere allerdings mit Markfasern zusammenhängen mögen. Die Endschicksale der meisten Fortsätze bleiben aber unbestimmt, weil man sie nur eine verhältnissmässig kurze Strecke verfolgen kann.

§. 1251. Eine gallertige Grundmasse liegt zwischen den centralen Nervenkörpern. Sie enthält häufig zahlreiche körnige Elemente, die von der Zerstörung von Ganglienkugeln oder von selbständigen Einlagerungen herrühren. Pigmente kommen hin und wieder vor. Man findet sie häufig an den peripherischen Ganglienkugeln. Die schwarze Substanz der Grosshirnschenkel rührt von dunkelen Pigmentmolecülen her.

Grundsubstanz.

§. 1252. Man sieht an dem Ependyma der Centraltheile des Nervensystemes geschichtete Gebilde, die man mit dem Namen der stärkemehlartigen Körper bezeichnet, weil sie ähnliche concentrische Lagen wie die Amylonkörnchen darbieten. Diese Formelemente kommen auch ausnahmsweise in einzelnen Nerven, in entarteten Milzbläschen, in Geschwülsten, mit einem Worte unter den verschiedensten Verhältnissen vor. Sie erhalten, nach Virchow, einen bläulichen Schimmer, wenn man Jodtinctur hinzugesetzt, und färben sich deutlich violett, wenn Schwefelsäure nachträglich langsam eingewirkt hat. Obgleich diese Reaction der pflanzlichen Cellulose zukommt, so lässt sich hieraus nicht schliessen, dass jene Gebilde aus Cellulosamasse bestehen. Meckel deutet die Wirkungsweise als eine Eigenthümlichkeit des Gallenfettes und Henle sieht eine Modification der Fettentartung in dem Auftreten jener stärkemehlähnlichen Formelemente.

Stärkemehlartige Körper.

§. 1253. Eine Nervenfaser, die ihre lebendige Leistungsfähigkeit verloren hat, kann noch klar und ungeronnen unter dem Mikroskope erscheinen. Die Gerinnung dagegen zeigt den Verlust der Lebenseigenschaften immer an. Man sieht hieraus, dass das Mikroskop nur gröbere Massenveränderungen in den Nerven- wie in den Muskelfasern (§. 1229) nachzuweisen vermag.

Veränderung des Aussehens der Nervenfasern.

§. 1254. Verfolgt man die Entwickelung der Nervenfasern im Embryo oder in den Ausschwitzungsproducten durchschnittener Nerven, so sieht man, dass nur mit Kernen besetzte Hüllen, wie sie in den marklosen Fasern der Erwachsenen vorkommen, im Anfange vorhanden sind. Erscheint später ein milchweisser Markinhalt, so ist er zuerst schmäler, als in der Folgezeit. Alle diese Verhältnisse erinnern an die Bilder, die wir in den Ganglien und den mit ihnen zusammenhängenden Aesten neben einander antreffen. Wir haben graue marklose Fasern. Die Markfasern besitzen hier häufig kleine Querschnitte. Da man aber auch einzelne breite findet, eben so schmale Fasern in nicht gangliösen Nerven vorkommen und eine und dieselbe Faser sich in weiterem Verlaufe beträchtlich verschmälern kann, so lässt es sich nicht durchführen, die schmalen Fasern auf die Ganglien als ihre Ursprungsquelle zurückzuführen und mit dem Namen der sympathischen Fasern im Gegensatze zu den breiteren aus dem centralen Nervensysteme stammenden cerebrospinalen oder animalen zu bezeichnen. Es wäre dagegen eher denkbar, dass die Ernährungsstoffe, aus denen die Marksubstanz entsteht, in geringerer Menge in den Ganglien und den mit ihnen zusammenhängenden Aesten abgesetzt oder als Nebenproducte gebildet werden und dass sich etwas Aehnliches für die marklosen Fasern

Marklose und schmale Fasern.

der Endausbreitung einzelner Nerven wiederholt. Ein Wechsel der Ernährungsbedingungen wird daher auch die gegenseitigen Verhältnisse der markigen und der marklosen Gebilde schwanken lassen.

Neubildung von Nervenfasern und Ganglienkugeln.

§. 1255. Neue Markfasern entstehen häufig in krankhaften Ablagerungen. Dieser Fall setzt aber Praemissen voraus, die man gegenwärtig noch nicht genauer anzugeben vermag. Viele Ausschwitzungen bekommen Nerven, wenn ihre Organisation weiter fortschreitet, andere dagegen nicht. Die Erzeugung von Ganglienkugeln scheint an noch verwickeltere Ausgangspunkte gebunden zu sein. So oft auch Varietäten von Ganglien an einzelnen Nerven vorkommen, so gehört es doch zu den Seltenheiten, dass Ganglienkugeln an den meisten Cerebrospinalnerven massenweise erscheinen. Die centralen Elemente des Nervensystemes bilden sich in allen Fällen schwieriger, als die peripherischen.

§. 1256. Stannius glaubt aus seinen Beobachtungen schliessen zu können, dass die Gewebtheile vieler Organe der Frösche und der Kröten einer durchgreifenden rückschreitenden Umwandlung während der Wintererstarrung unterliegen, in Detritus zerfallen und von neuen Elementen ersetzt werden. Einzelne Blutadern, vorzüglich die Nierenvenen, führen nach ihm blinde mit Blutkörperchen gefüllte Aussackungen. Diese schnüren sich los und werden so zu Blutkörperchen haltenden Schläuchen, in denen sich später Ganglienkugeln erzeugen (§. 1067). Die älteren Nervenkörper des sympathischen Nerven erschienen blass und zusammengeschrumpft. Ihr Kern fehlte häufig. Das Körnkörperchen hatte ein krystallinisches Aussehen. Die Nervenfasern des Sympathicus waren ebenfalls in Zersetzung begriffen. Das Herz, die willkürlichen Muskeln, die Blutgefässe, die Leber, die Milz, die Haut enthielten zerfallene Gewebeelemente neben frischen. Flimmernde mit Lymphe gefüllte vergängliche Blasen bildeten sich in ihrem äusseren Umkreise. Ganze Züge von Blutgefässen der Kröten waren in der Mitte des Winters verstopft und mit Pigment und Krystallen äusserlich oder innerlich ausgestattet. Einzelne Blutkörperchen zeigten einen Krystall statt eines Kernes. Ihre Hülle schloss fette, rundliche gelbe Kugeln und Krystalle ein.

Viele Fische lieferten ebenfalls deutliche Merkmale des Zerfallens und der Neubildung der Gewebe. Der sympathische Nerv des erstarrten Hamsters bekommt, nach Stannius, während des Winterschlafes neue Elemente, die sich in der Winterschlafdrüse erzeugen.

§. 1257. Es ist mir bis jetzt nicht gelungen, sichere Merkmale der Neubildung in erstarrten Murmelthieren zu entdecken, obgleich ich die Beobachtungen in der Mitte und am Ende des Winterschlafes anstellte. Die Nebennieren enthielten in beiden Fällen körnige Kugeln. Ich war aber nicht im Stande, neue Ganglienkugeln zu entdecken. Nervenfasern liessen sich an einzelnen Stellen in verhältnissmässig reichlicher Menge nachweisen. Man findet zu beiden Seiten der Wirbelsäule und in der Nachbarschaft der Grenzstränge der Brusttheile der sympathischen Nerven braunröthliche Massen, deren Bau mit dem der Winterschlafdrüse übereinstimmt, im Anfange der Erstarrungszeit. Ich sah sie nicht mehr am Ende des Winterschlafes. Ich konnte aber keine in ihnen erzeugten Nervenelemente mitten im Winter auffinden.

§. 1258. Die in Erstarrung begriffenen Frösche zeigten mir viele kleine helle fettähnliche Körperchen zwischen und auf, nicht aber in den Blutkörperchen. Mitscherlich und Remak dagegen bemerkten helle, rundliche Räume in der Hüllenmasse der Blutkörperchen. Stannius sah Oeltropfen in den Blutkörperchen der Kröte entstehen, wenn er die Blutmasse einer unter dem Gefrierpunkte liegenden Temperatur ausgesetzt hatte.

Metamorphose während der Wintererstarrung.

§. 1259. Beobachtungen, die ich an Murmelthieren und Fröschen anstellte, lieferten deutliche Beweise, mit welcher Trägheit die Metamorphosenerscheinungen verschiedenster Art während der Erstarrung vor sich gehen. Hatte ich einem Murmelthiere die Haut einzelner Bezirke des Kopfes und der Hinterbeine am Anfange des Winterschlafes kahl geschoren, so waren die Haare nach fünfmonatlicher Erstarrung nicht nachgewachsen. Tasthaare und ein Nagel hatten sich nicht ersetzt. Eine Krystalllinse dagegen, die ich auf elektrochemischem Wege vollkommen getrübt hatte, hellte sich während des Winterschlafes ungefähr in zwei Monaten auf.

Wir werden später sehen, dass durchschnittene Nerven, die nicht zusammenheilen, theilweise entarten. Ihre Fasern verlieren ihr Mark, enthalten im Anfange Reihen von Oeltropfen und büssen auch diese später ein. Hat man einen der Zungenzweige des ersten Hals- oder des herumschweifenden Nerven in Fröschen durchschnitten, so greift jene Veränderung der Primitivfasern schon nach sechs Wochen und selbst früher ein. Machte ich den Versuch zur Winterszeit und liess dann die Frösche im Kalten, so dass sie mehrere Male vollkommen einfroren und endlich zu Grunde gingen, so führten noch alle untersuchten Primitivfasern neun Wochen nach der Operation ihren Markinhalt. Die Nerven hatten sich aber nicht wieder erzeugt.

Bewegungserscheinung.

§. 1260. Stannius beschrieb eine Reihe eigenthümlicher Bewegungserscheinungen, die er aus der gegenseitigen Einwirkung von Fett und eiweissreichen Gebilden herleitet. Hatte er das Nervenmark der Primitivfasern des verlängerten Markes des Hechtes mit Blutkörperchen desselben Thieres in Berührung gebracht, so wurden diese angezogen und wieder abgestossen. Die Markmasse selbst machte wechselnde Wellenbewegungen an ihren Rändern. Manche losgerissene Stücke arbeiteten wie Flimmermembranen und trieben einzelne bald wieder verschwindende Fortsätze, wie die Sarcodemasse der niedersten Wirbelthiere. Die Blutkörperchen änderten ihre Form, bekamen einen ölartigen Fleck an ihrer Aussenseite und wurden oft zuletzt aufgelöst. Eine Gestaltveränderung und Zersetzung derjenigen Blutkörperchen, welche in die Nähe von Nervenmark oder von Fett des gewöhnlichen Fettgewebes gekommen waren, liess sich in Fröschen, Kröten und Kaninchen ebenfalls nachweisen. Die Plasmaschollen des Blutes der Pricke theilten sich häufig, wie das Ei bei der Dotterfurchung, in untergeordnete Stücke, deren Zahl sich nach einer geometrischen Progression mit dem Exponenten 2 vergrösserte, indem sich ein Oeltropfen an jedem Felde ausschied.

Lieberkühn sah, dass die farblosen Blutkörperchen des Frosches und selbst des Menschen ihre Gestalten selbständig änderten, ehe sie vollkommen eintrockneten. Sie trieben Fortsätze, wurden elliptisch und wechselten später ihre Form von Neuem.

§. 1261. Beobachtungen der Art können mannigfache Irrungsquellen einschliessen. Diffusionsströme und Verdunstungserscheinungen führen leicht zu einem wesentlichen Gestaltwechsel. Wir haben schon §. 1156 gesehen, dass man bisweilen eigenthümliche drehende Bewegungen an den Aggregatkugeln wahrnimmt, wenn Wasser in ihre gallertige Grundmasse dringt und ihre Form verändert. Molecularbewegungen, die früher nicht vorhanden waren, können in solchen Fällen ebenfalls auftreten. Bedenkt man endlich, dass die zarten Flimmerhaare des Ependyma der Centraltheile des Nervensystemes trotz aller Stärke der Vergrösserung und der Untersuchung bei hellem oder gedämpftem Lampenlichte meistentheils nicht gesehen werden, so ist hierdurch eine neue Irrthumsquelle gegeben. Alle diese Verhältnisse genügen aber keineswegs, die Möglichkeit eigenthümlicher Bewegungen, die aus der Wechselwirkung ungleichartiger Stoffe hervorgehen, in Abrede zu stellen. Sollte es sich bestätigen, dass das Nervenmark welligte Biegungen, wie die flimmernden Membranen, darbieten kann, so würde sich hieraus erklären, weshalb ich früher Spuren von Flimmerbewegung in Nervenfasern beobachtet zu haben glaubte.

Oertliche Störungen.

§. 1262. Die meisten örtlichen Ernährungsstörungen rühren von regelwidrigen Kreislaufserscheinungen her. Mechanische und chemische Bedingungen können hier gesondert oder gemeinschaftlich eingreifen.

Blutfülle und Blutleere.

§. 1263. Man nennt ein Organ anämisch, wenn es zu wenig, und hyperämisch, wenn es zu viel Blut enthält. Eine verhältnissmässig beträchtlichere Blutmasse durchsetzt einen Theil in der Zeiteinheit bei der activen Congestion. Die passive besteht in der Anhäufung einer zu grossen Blutmenge in einem einzelnen Theile. Die von den Gefässräumen abhängigen Quantitäten und die Geschwindigkeiten des Blutes werden über diese Verhältnisse zunächst entscheiden.

Ursache der Blutfülle.

§. 1264. Sinkt die Elasticitätsgrösse der Gefässwände eines Theiles (§. 477), werden die Innenflächen derselben unebener, so dass der Reibungscoëfficient steigt (§. 460), erleidet die Blutmasse bei dem Durchgange durch ein Organ Veränderungen, welche die Adhäsion vergrössern (§. 460), so muss die Geschwindigkeit abnehmen. Das Organ fasst dann in jedem Augenblicke mehr Blut, als unter regelrechten Verhältnissen. Zwei andere Bedingungen können ausserdem noch zur Hyperämie führen. Ist der Blutlauf in einem Nachbartheile unterbrochen oder quantitativ verkleinert, so wird das Organ mehr Blut, ehe eine allgemeine Ausgleichung stattgefunden, aufnehmen. Hat ein früherer Process die Menge der Blutgefässe eines Theiles vergrössert, so muss auch die Blutcapacität desselben gewachsen sein.

Stase.

§. 1265. Die Bedingungen, welche zur Stockung oder Stase führen, sind schon §. 557 erläutert worden. Diese die Entzündung begleitende Unregelmässigkeit kann ihren ursprünglichen Grund ausserhalb oder innerhalb des Entzündungsheerdes haben. Wenn die Verengerung der zuführenden Gefässe oder ein Wechsel der Beschaffenheit ihrer Wände die Widerstandscoëfficienten der Adhäsion und der Reibung erhöht und die Geschwindigkeit des Capillarblutlaufes herabsetzt, so müssen sich die mechanischen Gemengtheile oder die farbigen und die farblosen Blutkörperchen in relativ grösserer Menge, als die leichter dahingleitende Blutflüssigkeit, in

den schmalen Haargefässen anhäufen. Eine Blutsäule, die dieses Missverhältniss darbietet, setzt selbst wieder mehr Widerstand der Fortbewegung entgegen, als ein gleich grosser Cylinder gewöhnlichen Blutes. Führt noch die geringere Geschwindigkeit zur Ausscheidung von Faserstoff, zur Verklebung der Blutkörperchen unter einander und mit den Gefässen, so wird das Hinderniss noch mehr wachsen.

§. 1266. Liegen die beträchtlicheren Widerstände in den abführenden Gefässstämmen, so muss sich zunächst der Seitendruck in den Haargefässen erhöhen. Eine reichlichere Ausscheidung von Ernährungsflüssigkeit kann die geringere Geschwindigkeit begleiten. Beide Momente tragen zur ferneren Erhöhung der relativen Blutmenge bei. Der grössere Druck, der von den zuführenden Gefässen aus thätig ist, wird die Stockung erst bei einer durchgreifenderen Störung der Verhältnisse des Capillarblutes zu Stande kommen lassen.

§. 1267. Die Ernährungserscheinungen können die Ursache der Stase ebenfalls liefern. Greifen Bedingungen ein, welche die Glätte der Innenfläche der Gefässröhren eines Organes herabsetzen, so wird der Reibungswiderstand wachsen. Dieser steigt aber in quadratischem Verhältnisse der Geschwindigkeit (§. 460). Sein Einfluss sinkt daher um so merklicher, je mehr er schon die Schnelligkeit verkleinert hat. Die hierdurch bedingte relative Zunahme der Blutkörperchen und die Zersetzung der Blutmasse können dafür neue Widerstände hinzufügen. Krankhafte Ernährungserscheinungen, welche die Gefässwände in jenem Sinne ändern, werden daher auch eine langsamere Blutbewegung oder Stase zur Folge haben.

§. 1268. Ein Wechsel der Beschaffenheit der gesammten Blutmasse kann die gleichen Folgen nach sich ziehen. Das Blut wird in jedem Organe in eigenthümlicher, von den örtlichen Ernährungs- und Absonderungsverhältnissen abhängiger Weise verändert. Denken wir uns, es habe eine solche Beschaffenheit gewonnen, dass es als eine Flüssigkeit mit grösserer Adhäsion die Haargefässe von *a*, als die von *b* verlässt, so wird es auch in den Venen von *a* langsamer strömen. Die §. 1266 erläuterten Einflüsse der Widerstände der abführenden Gefässe können sich in diesem Falle wiederholen.

Stockungen im Pfortadersystem.

§. 1269. Die Krankheitslehre spricht häufig von Stockungen im Pfortadersysteme (§. 570), für die alle sicheren Beweise mangeln. Die Thatsache, dass das von den meisten Unterleibseingeweiden zurückkehrende Blut die Leber durchsetzt, kann mannigfache Schwankungen des Blutlaufes möglich machen. Die Einsaugung der Venen (§. 362) wird die Blutbewegung in der Leber beschleunigen, wenn die übrigen Verhältnisse unverändert bleiben oder die aufgenommenen Stoffe den Adhäsionswiderstand herabsetzen. Wächst dieser aus dem gleichen Grunde, so tritt das Blut unter geringerem Drucke in die Pfortader und deren Verzweigungen. Die Geschwindigkeit muss deshalb sinken. Mehr Blut kann zugleich von der Leberarterie hinzutreten. Es ist auch möglich, dass die eingesogenen Verbindungen den Adhäsionscoëfficienten nicht unmittelbar, sondern erst durch die Zersetzungsproducte, die aus ihnen in der Leber entstehen, ändern. Da alle mechanischen Wirkungen der Muskelgebilde des Nahrungscanales den Blutlauf in einem Theile der Wurzelstämme der Pfortader bestimmen, so

hat man hierin eine zweite Reihe von Schwankungen, die auf den Leberkreislauf zurückzuwirken vermögen.

Diffusionswirkungen.

§. 1270. Wie die Veränderungen, welche die Wirkung eines Organes herbeiführt, eine zur Fortbewegung minder geeignete Blutmasse bei einer regelwidrigen Beschaffenheit des Blutes herstellen können, so werden örtliche Endosmoseerscheinungen das Gleiche bei regelrechter Blutmasse möglich machen. Schon der Wechsel der Dichtigkeit des Blutes ändert die Adhäsionsgrösse desselben. Hat unser Blut mehr Wasser nach dem Genusse von Getränken aufgenommen, so wird es mit einer anderen Geschwindigkeit als früher, unter sonst gleichen Verhältnissen, strömen. Die abführenden Gefässe des Nahrungscanales werden im ersten Augenblicke andere Adhäsionsbedingungen als entferntere Venen darbieten. Die rasche Vertheilung der wässerigen Blutmasse macht aber diesen Unterschied binnen Kurzem unmerklich.

§. 1271. Oertliche Diffusionswirkungen von Lösungen, die kräftiger eingreifen, können leichter zur Stockung führen. Denken wir uns, eine Salzlösung, welche die Klebrigkeit des Blutes erhöht, dringe durch die Wände eines Capillarbezirkes, so wird die Vergrösserung des Adhäsionswiderstandes eine Abnahme der Geschwindigkeit, eine relative Zunahme der Blutkörperchen und eine wechselseitige Verklebung derselben nach sich ziehen, ohne dass sich die Zustände der zuführenden oder der abführenden Gefässe ursprünglich geändert haben. Da der Diffusionsstrom die Wandungen der Haargefässe, ehe er zum Blute gelangt, durchdringen muss, so kann er auch ihre Reibungsmomente wechseln lassen. Wir haben hierin eine neue Ursache des Wechsels, ohne dass eine selbständige merkliche Variation des Querschnittes einzutreten braucht.

§. 1272. H. Weber, Virchow und Schuler haben den Einfluss, den solche Diffusionswirkungen auf die Staseerscheinungen ausüben, in Fröschen verfolgt. Der Erfolg tritt im Allgemeinen, nach Schuler, um so früher ein, je mehr die Dichtigkeit der auf die Schwimmhaut des Frosches gebrachten Salpeterlösung von der des Blutes abweicht. Man kann daher die Geschwindigkeit des Eintrittes ändern, wenn man vorher eine concentrirtere oder eine verdünntere Kochsalzlösung in das Blut spritzt.

Folgen der Stase.

§. 1273. Die mechanischen Verhältnisse, die wir in der Kreislaufslehre ausführlich betrachtet haben, erklären die wichtigsten Folgeerscheinungen der Stockung der Blutmasse in einzelnen Gefässbezirken.

Gleicht die Druckhöhe, welche die Kammersystole für eine bestimmte Stelle des Gefässsystemes liefert, der Grösse H, so theilt sich dieser Werth bei freiem Blutlaufe in zwei Grössen, in die Widerstandshöhe w, die zur Ueberwindung der vorliegenden Hindernisse verbraucht wird und als Seitendruck auftritt (§. 489), und die Geschwindigkeitshöhe h, die zur Fortbewegung dient (§. 459). Wir erhalten daher $H = w + h$. Stockt das Blut in einem Entleerungsbezirke einer Arterie, so wird $h = 0$ und daher zunächst $H = w$, d. h. der Seitendruck vergrössert sich zum vollen Drucke, den die Herzsystole an der gegebenen Stelle erzeugen kann. Eine strömende Flüssigkeit, die gegen eine feste Scheidewand stösst, kann sogar einen noch höheren Druck als H ausüben, weil die hinteren bewegten Flüssigkeitstheilchen die vorderen weiter zu drängen suchen und daher ein ge-

wisses Quantum von Druck zu dem des letzteren oder zu H hinzukommt (§. 557).

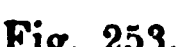
Hat man keine vollkommene Stockung, so ist der Werth von h nur verkleinert. Da der Seitendruck w wächst, so erhält man immer noch ein Moment, das die Ausschwitzung begünstigt.

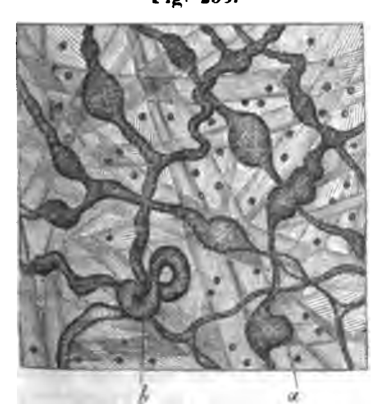
Denken wir uns, das Blut bildete eine Reihe unbeweglicher Scheidewände in den abführenden Gefässen, es könnte Nichts durchschwitzen und gar keine Ableitung durch Nebenbahnen ausgleichend eingreifen, so würden die systolischen Stösse den Seitendruck in den zuführenden Röhren immer mehr vergrössern. Hat er die Höhe des Festigkeitsmodulus der Gefässwände erreicht, so würden diese mit der nächsten Systolewirkung einreissen. Die Ausschwitzung verhindert in der Regel diesen äussersten Fall. Sie vermindert die Füllung des Gefässrohres, so dass die spätere Systole neue Flüssigkeit ohne Schaden eintreiben kann. Ihre Geschwindigkeit wird aber während der Diastolewirkung abnehmen und sich durch die Systolethätigkeit vergrössern. Dieser Wechsel des Seitendruckes kann zur Folge haben, dass die ausgeschwitzte Flüssigkeit eine Mischung von Transsudaten von ungleichartiger Dichtigkeit und selbst von verschiedener Beschaffenheit darstellt.

Man wird sich aus den eben erwähnten Betrachtungen erklären, weshalb die Arterien, die sich zu einem entzündeten Gebiete begeben, stärker klopfen. Die Eigenschaften der Gefässwände, des Blutes und der Nachbartheile, von denen die Ausschwitzungsintensität, abgesehen von den Druckverhältnissen, abhängt, werden es bestimmen, mit welcher Stärke sich der Pulsschlag ändert und in welchem Maasse die Ausschwitzung selbst ausgleichend eingreift. Es versteht sich endlich von selbst, dass die Wirkung der offenen Seitenbahnen ihre Einflüsse in jedem Falle geltend macht.

Oertliche Erweiterungen.

§. 1274. Die Erhöhung des Seitendruckes wechselt in den einzelnen Gefässabschnitten nach Maassgabe der Theilungen der Krümmungen, der Adhäsions- und der Reibungswiderstände. Die Beschaffenheit der Gefässwände variirt aber auch an den verschiedenen Orten derselben oder verschiedener Gefässröhren. Der Seitendruck kann daher viele Strecken cylindrisch lassen und andere bauchig ausdehnen. Man findet nicht selten aneurysmatische Erweiterungen in den arteriellen, capillaren und venösen Gefässröhren eines apoplektischen oder entzündeten Bezirkes. a und b, Fig. 253, stellt sie z. B. aus einer von Harting beobachteten Eierstocksgeschwulst einer Frau dar. Alle Schichten des Gefässes nehmen gewöhnlich an der Erweiterung Theil. Hasse und H. Müller haben aber in einzelnen Fällen von Gehirnapoplexie gesehen, dass die inneren Lagen der Gefässwände geborsten waren und sich Blut zwischen sie und die äusseren Blätter ergossen hatte.


Fig. 253.



Berstung.

§. 1275. Ein Körper hat den Festigkeitsmodulus *f*, wenn ein Querschnitt desselben *a* unter einer Minimalbelastung, deren Gewicht *f* gleicht, bei senkrechtem Zuge zu reissen anfängt. Der Seitendruck *d* wirkt aber in ähnlicher Weise auf die Gefässwände. Bestimmen wir ihn z. B. in Quecksilber, so wird die Gefässwand, abgesehen von den Unterschieden des Längen- und des Querzuges, bersten, wenn *d* so sehr wächst, dass eine Quecksilbersäule, die überall den Querschnitt *a* und die Höhe *d* hat, den Werth von *f* erreicht. Legt man eine andere Flüssigkeit zum Grunde, so ändert sich der Werth von *d* nach Maassgabe der Eigenschwere (§. 455).

§. 1276. Die Zerreissung der Gefässe und die nachfolgenden Blutergüsse können unter sehr verschiedenen Bedingungen zum Vorschein kommen. Die Ernährungsverhältnisse können die Gefässwände nach und nach verdünnen oder mürber machen. Es wird daher endlich ein Zeitpunkt eintreten, in dem der gewöhnliche Blutdruck zur Sprengung hinreicht. Blutergüsse entstehen dann ohne äussere Gelegenheitsursache. Verstärkt sich der systolische Herzdruck *d* in dem Grade, dass *ad* grösser als das normale oder abnorme *f* wird, so muss die Zerreissung ebenfalls eintreten. Tiefe Ausathmungen (§. 595) führen daher oft zu Blutextravasen der schwächsten Gefässstellen. Sie begünstigen Schlaganfälle, wenn regelwidrige Verhältnisse die Festigkeit der Gefässwände vorher verkleinert haben. Die Entzündung kann endlich die Blutextravasation auf dem doppelten Wege möglich machen, indem sie den Seitendruck erhöht (§. 1273) und die Beschaffenheit der Gefässwände zu Ungunsten der Festigkeit durch die Ausschwitzung ändert. Dieses erklärt es, weshalb Blutergüsse in dem Bezirke von Entzündungsheerden häufig bemerkt werden.

§. 1277. Das lebendige Verkürzungsvermögen der Schlagadern wird in allen diesen Fällen als ein Verstärkungsmittel der Festigkeit wirken. Die Lähmung derselben muss als ein Bedingungsglied entgegengesetzter Art betrachtet werden.

Ausschwitzungen.

§. 1278. Die Ausschwitzungen, Exsudate oder Transsudate bestehen ursprünglich aus blossen Flüssigkeiten, wenn keine Gefässzerreissung Blutkörperchen beigemengt hat. Sie behalten ihre tropfbar flüssige Form oder erstarren bei reichlicherer Concentration zu einem gallertigen oder faserähnlichen Blasteme, das sich weiter organisiren kann. Es kommt nur selten vor, dass ein Exsudat, das im lebenden Menschen längere Zeit flüssig geblieben, nach dem Austritte aus dem Körper von selbst gerinnt.

Gemengtheile der flüssigen Ausschwitzungen.

§. 1279. Die mikroskopische Untersuchung weist einzelne Gemengtheile in den meisten flüssigen Ausschwitzungen nach. Man stösst hierbei nicht selten auf feinkörnige Niederschläge, die keiner weiteren Ausbildung entgegengehen. Einzelne Epithelialreste, die jedoch erst nach dem Tode hinzugetreten, und mikroskopische Faserstoffcoagula werden hin und wieder wahrgenommen.

Exsudatkörperchen.

§. 1280. Viele Ausschwitzungen führen zuerst kleine Molecüle oder Elementarkörnchen, die zum Theil fettiger Natur zu sein scheinen. Man sieht später Exsudatkörperchen oder körnige, grauweisse, kernhaltige Gebilde. Diese kehren auch in vielen festen Exsudaten, in Tuberkeln und anderen Ablagerungen unversehrt oder zum Theil verändert wieder.

§. 1281. Wir werden später sehen, dass die Durchschneidung des dreigetheilten Nerven eine heftige von Ausschwitzungen begleitete Augenentzündung nach sich zieht. Man findet zuerst in Kaninchen zahlreiche Exsudatkörperchen, die in einer gallertigen Grundmasse oder einem grauweissen durchsichtigen Blasteme eingebettet liegen. Ich stiess aber später auf eine Entwickelungsstufe, bei der jedes von ihnen von einem hellen Zellensaume umgeben war. Er platzte wie eine Seifenblase, wenn er mit Wasser in Berührung kam. Die Verflüssigung, welche die Fäulniss begleitet, zerstörte ihn ebenfalls. Man darf daher annehmen, dass diese Stufe der Ausbildung in den meisten hierher gehörenden krankhaften Ausschwitzungen des Menschen nicht mehr bemerkt wird, weil man diese erst längere Zeit nach dem Tode zu untersuchen pflegt.

Zellenfasern.

§. 1282. Schreitet die Organisation des Exsudates weiter fort, so sondert sich das gallertige Blastem in faserartige Streifen *abc* Fig. 254, an denen man einfache oder mehrfache längliche Kerne bemerkt. Man sieht später zellgewebige Faserbündel. Diese Formen finden sich z. B. häufig in jüngeren und älteren Ausschwitzungsbändern, welche die Lungen- und Rippenpleura nach Lungenentzündungen zusammenheften. Die Narbenfasern (§. 1180) entstehen in ähnlicher Weise.

Fig. 254.

a b c

Eiter.

§. 1283. Die **Eiterkörperchen**, die wir in reichlichem Maasse im Eiter antreffen, bilden nur eine eigenthümliche Art von Exsudatkörperchen. Sie erscheinen häufig unter schwächeren Vergrösserungen gelblich, unter stärkeren grauweiss, obgleich minder hellweiss als die Exsudatkörperchen vieler festen Exsudate, und dehnen sich in Wasser und Essigsäure aus. Die letztere verlängert die Kerne, kerbt sie ein und trennt sie selbst in mehrere kugelige Abtheilungen. Diese von Henle genauer verfolgten Erscheinungen bilden, nach ihm, eine ausschliessliche Eigenthümlichkeit der Eiterkörperchen und der ihnen ähnlichen Gebilde, die in dem Schleime, dem Speichel (Taf. II. Fig. XXXI. *cd*) und den Drüsenabsonderungen vorkommen. Henle fasst daher alle diese Formelemente unter dem Namen der **cytoiden Körperchen** zusammen. Die Lymphkörperchen der Lymphe und des Blutes schliessen sich ihnen unmittelbar an.

§. 1284. Der Eiter zeichnet sich im Allgemeinen durch einen reichlichen Fettgehalt aus. Viele der zahlreichen in den Eiterkörperchen enthaltenen Körnchen scheinen fettiger Natur zu sein. Da nun der Eiter zu einer weiter fortschreitenden Metamorphose nicht überführt, so liegt die Vermuthung nahe, dass die Exsudatkörperchen einer regressiven Umwandlung unterliegen (§. 1154), wenn sie in Eiterkörperchen übergehen.

Jauche.

§. 1285. Der gute oder der balsamische Eiter enthält schon häufig einzelne zerstörte Körperchen, Körnchen und Körnchenaggregate innerhalb der verhältnissmässig sparsamen Grundflüssigkeit. Man nennt aber das Ganze **Jauche**, wenn die absolute Menge der festen Gemengtheile ab- und die der zerstörten zugenommen hat und die reichlichere Grundflüssigkeit ätzende Eigenschaften besitzt. Die Jauche erscheint daher dem freien Auge flüssiger als der an Körperchen reichere Eiter. Es ist nicht möglich,

eine scharfe Grenze zwischen beiden zu ziehen. Mannigfache Zerstörungsproducte der Gewebe sind der Jauche, oft aber auch schon dem Eiter beigemengt.

Eiterproben. §. 1286. Keine der vorgeschlagenen Eiterproben genügt den Foderungen des praktischen Arztes. Man hat in dieser Hinsicht von dem Mikroskope zu viel erwartet. Sind die Eiterkörperchen in solchen relativen Mengen vorhanden, dass die mikroskopische Untersuchung keinen Zweifel gestattet, so liefert in der Regel die Prüfung des freien Auges ein eben so sicheres Urtheil. Finden wir dagegen cytoide Körperchen in sparsamer Menge in schleimigten Flüssigkeiten, so kann die gewissenhafteste Prüfung in den meisten Fällen nicht entscheiden, ob sie beigemengtem Eiter oder regelrechten Absonderungen angehören. Es lässt sich in der Regel nicht angeben, ob man ein einzelnes Exsudat- oder Eiterkörperchen vor sich hat.

Heilung der Wunden. §. 1287. Die Wunden heilen, wie man sich ausdrückt, durch die erste Vereinigung oder durch Eiterung. Jene beruht auf einer sich bald organisirenden Ausschwitzung, die verhältnissmässig rasch in Narbengewebe (§. 1181) übergeht. Da der Eiter die Heilung hindert, so nimmt seine Menge in dem zweiten Falle nach und nach ab. Es entstehen Exsudatkörperchen, die sich weiter entwickeln. Die Aggregate derselben heissen die Fleischwärzchen oder die Granulationen der Wunde. Sie bilden einen Vorläufer des Vernarbungsprocesses.

Gefässe und Nerven in Exsudaten. §. 1288. Haben die faserigen Ausschwitzungen diejenige Stufe, in welcher faserige Bänder oder zellgewebige Elementartheile vorhanden sind, erreicht, so können sich in ihnen Blutgefässe, nach Schröder van der Kolk Saugadern und, nach Virchow Nervenprimitivfasern erzeugen. Die Blutung, die der Verletzung der Fleischwärzchen folgt, kann von neuen Blutgefässen oder von Verwundungen der unter ihnen liegenden Gewebe herrühren.

Blutextravasate. §. 1289. Eine Reihe eigenthümlicher Veränderungen greift in den Blutextravasaten durch. Die Masse gerinnt. Der Faserstoff schliesst im Anfange zahlreiche Blutkörperchen ein. Blutkrystalle (§. 1095) (Taf. I. Fig. XII.) oder andere farblose Krystalle (Taf. VII. Fig. CXV.) schlagen sich häufig nieder. Der Blutfarbestoff löst sich nach und nach in der erzeugten Exsudatflüssigkeit und kann zuletzt gänzlich schwinden. Die gesammte Masse nimmt daher eine gelbröthliche oder gelbliche Farbe an. Die Blutkörperchen verlieren sich allmälig. Ein Theil von ihnen schrumpft bisweilen ein und erzeugt eine Reihe von Körnern, die an Pigmentmolecüle erinnern. Neue formlose, oder sich weiter entwickelnde Ausschwitzungsmassen umgeben und durchdringen die Reste des Blutcoagulum. Sie bleiben nach Maassgabe der Nebenbedingungen gallertig oder organisiren sich zu faserigen Massen. Pigmentmolecüle oder pigmentirte Kügelchenhaufen liegen in ihnen häufig zerstreut.

Körnerhaufen. §. 1290. Man findet regelwidrige Ablagerungen körniger und kugeliger Gebilde, die man mit dem Namen der Körnchenzellen, der zusammengesetzten Entzündungskugeln, der Aggregatkörper oder der Körnerhaufen bezeichnet hat und in denen eine grössere Menge von fettigen Kügelchen durch eine gallertige oder eiweissartige Masse zu-

sammengehalten wird. Sie liegen zerstreut oder nesterweise und folgen bisweilen dem Verlaufe der feineren Blutgefässe. Sie sind häufig der Ausdruck einer Rückbildung, bei der Fett als Nebenerzeugniss entstanden ist. Türk benutzte sie als Wegweiser, um die Entartungen des centralen Nervensystemes genauer zu verfolgen.

§. 1291. Die krankhaften Ablagerungen, die man mit dem unbestimmten Namen der Tuberkeln bezeichnet, enthalten keine eigenthümlichen Tuberkelkörperchen, sondern die mannigfachsten Stufen der Zerstörungserzeugnisse. Man darf mit Recht vermuthen, dass die Auflösung der Gewebe einen Theil des Materiales liefert. Die schon §. 1155 erwähnte Fettbildung kann auch hier eingreifen. Wir haben §. 1157 gesehen, dass die Vererdung den gesammten Hergang zu beschliessen vermag.

Tuberkeln.

§. 1292. Da der Begriff der Geschwulst nur eine örtliche Volumensvergrösserung bezeichnet, so versteht es sich von selbst, dass hier die verschiedenartigsten Neubildungen hervortreten können. Die Unterscheidung gut- und bösartiger Geschwülste ist im Allgemeinen nicht begründet, weil die allgemeinen Ernährungsverhältnisse die Folgewirkungen wesentlich bestimmen können. Die sonst unschuldigen Fettgeschwülste können als Ausdrücke von Entmischungsleiden an den verschiedensten Körperstellen nach der Ausrottung wiederkehren. Während die Knochenablagerungen auf keinen lebensgefährlichen Säfteentmischungen zu beruhen pflegen, erscheinen sie auch in den bösartigen Geschwülsten der Osteoide und Knochenschwämme in ausgedehntestem Maasse. Das Verlangen, dass das Mikroskop über die gute oder die bösartige Natur einer Geschwulst in jedem Falle belehren solle, schliesst daher einen logischen Widerspruch in sich.

Geschwülste.

§. 1293. Manche Geschwülste führen Gewebtheile, die unter regelrechten Verhältnissen in benachbarten oder entfernten Körpertheilen ebenfalls vorkommen. Die Fettgeschwülste oder Lipome enthalten gewöhnliche Fettzellen. Das Epithelioma, das sich nur auf den mit Pflasterepithelien besetzten Flächen nach den Beobachtungen von Hannover [86]) bildet, besteht aus veränderten oder unveränderten Epithelialzellen. Diesen ähnliche Elemente finden sich auch in vielen Grützgeschwülsten. Pigment (§. 1177), Bindegewebe, elastisches Gewebe, knorpelige, kalkige und knöcherne Ablagerungen treten in Geschwülsten häufig auf.

§. 1294. Viele Geschwulstarten, vorzüglich die, welche man mit den unbestimmteren Namen der Krebse und der Markschwämme bezeichnet, führen oft eigenthümliche Elemente, die im gesunden Körper nicht erzeugt werden. Hierher gehören Gallertmassen mit oder ohne krystallisirte Fettablagerungen, einfache Zellen verschiedener Form, Mutterzellen mit Generationen von Tochterzellen, Zellenfasern und dicht verflochtene cylindrische Fäden. Die mit jauchigter Flüssigkeit vermengten, nicht fest zusammengewebten Formbestandtheile sind häufig in Maschenräumen, die aus Zellenfasern oder Bindegewebe ähnlichen Bündeln bestehen, enthalten. Ablagerungen tropfbarer Fette, Pigmente, Concremente oder Knochenstücke, Blutgefässe und Blutergüsse können nebenbei vorhanden sein.

§. 1295. Die Zerstörung der regelrechten oder der kranken Gewebeelemente rührt von zweierlei Ursachen her. Die nicht weiter zerlegten Gebilde werden von einer hinzutretenden Flüssigkeit gelöst oder sie unter-

Zerstörung der Gewebe.

liegen einem Zersetzungsprocesse, der einzelne lösliche und andere unlösliche Verbindungen erzeugt. Der Rest, der in dem letzteren Falle vorläufig zurückbleibt, oder der Detritus, kann später zum Aufbau neuer Elemente mittelbar oder unmittelbar verwendet werden.

§. 1296. Ein Wechsel der Blutbeschaffenheit und die hierdurch bedingte Aenderung der Ernährungsflüssigkeit führen zu den verschiedensten Folgewirkungen. Werden auch die Gewebe nicht unmittelbar angegriffen, so kann doch die Ausscheidung von Exsudatkörperchen, Eiterkörperchen und anderen Festgebilden bewirken, dass gesunde Elemente in der nebenbei zurückbleibenden Flüssigkeit gelöst werden. Der Eiter und die Jauche zerstören auf diese Weise die verschiedensten Körpertheile. Entmischungen der umspülenden Ernährungsflüssigkeit führen häufig zu den mannigfachsten Veränderungen der benachbarten gesunden oder kranken Gewebtheile, zur Fettmetamorphose oder zur Vererdung, zur Ausscheidung von Colloidmassen, zu schichtweisen Ablagerungen gallertiger, fettiger oder kalkiger Verbindungen.

Brand.

§. 1297. Ist die Blutzufuhr abgeschnitten, so fehlt auch das wesentlichste Bedingungsglied der Erhaltung und des Wachsthumes eines Organes. Der Widerstand, den die Gewebe der Atmosphäre und anderen Nachbarkörpern leisten können, bestimmt es in diesem Falle, welche Nachwirkungen zum Vorschein kommen. Werden grössere Bruchstücke losgelöst, ehe ihre Formelemente wesentlich verändert worden, so spricht man von Necrose. Die tieferen fäulnissähnlichen Zersetzungen dagegen liefern den Brand. Eiterungen der Nachbargebilde sondern häufig die abgestorbenen Stücke von dem übrigen Organismus.

Necrose.

§. 1298. Da die Necrose eine grössere Widerstandsfähigkeit voraussetzt, so findet man sie in den Knochen, den Zähnen, den Knorpeln, den Sehnen am häufigsten. Reichliche Eiterungen können auch weichere Bindegewebemassen vollständig lostrennen, ehe die Form ihrer Gewebeelemente wesentlich gelitten hat.

Trockener u. feuchter Brand.

§. 1299. Man unterscheidet den trockenen und den feuchten Brand, je nachdem die abgestorbenen Theile mumificiren oder fäulnissartig zerfliessen. Die von dem Brande ergriffenen Theile werden meistentheils schwarz. Feste oder schmierige Blutmassen, mit Blut oder Blutfarbestoff getränkte gallertige Ausscheidungen, zerstörte Gewebeelemente der verschiedensten Art, sehr kleine dunkele Molecüle, die an schwarzes Pigment (Taf. II. Fig. XXVIII.) erinnern und die man auch mit dem Namen der Brandkörperchen belegt hat, und Krystalle, vorzüglich von Tripelphosphat $[(NH_3 . HO + 2 MgO) PO_5 + 12 HO]$ (Taf. VII. Fig. CXI.) werden nur unter dem Mikroskope bemerkt. Die Brandkörperchen bestehen nicht, wie behauptet worden, aus Schwefeleisen, sondern aus organischen Verbindungen. Schimmel und thierische Schmarotzer nisten bisweilen in brandigen Theilen.

§. 1300. Was dem Brande verfallen, ist für den Organismus verloren. Da der Kreislauf in den brandigen Bezirken aufgehört hat, so scheiden die benachbarten zuführenden Gefässe grössere Flüssigkeitsmengen ab (§. 1273). Die hierdurch bedingte Eiterbildung erzeugt häufig eine Trennungs- oder Demarcationslinie, die das Lebende von dem Todten sondert.

Brandige Schorfe stossen sich durch die nachträgliche Eiterung ab. Erfrorene Füsse lösen sich nicht selten in den Gelenkverbindungen. Ist der Brand bis zum Unterschenkel fortgeschritten, so hat oft der Chirurg nur die Knochen zu durchsägen, um die Amputation zu vollenden.

§. 1301. Wird der Substanzverlust, den ein Organtheil erlitten hat, durch nachträgliche Ausschwitzungen ersetzt, so kann sich die Lücke mit denselben Gewebtheilen wie früher oder mit anderen füllen. Der Fall der homologen Bildung heisst die Wiedererzeugung oder die Regeneration.

Wiedererzeugung.

§. 1302. Man theilt gewöhnlich die Gewebe in zwei Hauptgruppen. Die eine soll das Vermögen der Wiedererzeugung besitzen, die andere dagegen dasselbe nicht darbieten. Die Erfahrung lehrt, dass diese Sonderung keine logische Berechtigung hat, man mag sie allgemein ausdehnen oder nur auf ein einzelnes höheres Geschöpf, wie den Menschen, beschränken wollen.

§. 1303. Ein und dasselbe Gewebe, das sich in manchen Thieren wieder erzeugt, wird in anderen nicht hergestellt. Schneidet man den Schwanz einer Eidechse der Quere nach ein, so wächst oft ein zweiter Schwanz seitlich hervor. Dieser enthält Knorpel, Nervengewebe, quergestreifte Muskelfasern, Sehnen, Bänder. Die Muskeln regeneriren sich dagegen nicht in den Menschen und den meisten Wirbelthieren. Ein Krebs, der eine Scheere oder ein Bein verloren hat, kann diese Theile wieder ersetzen. Dasselbe gilt für die Flossen der Fische, die Extremitäten der Salamander. Der Amputationsstumpf eines Menschen und der meisten Wirbelthiere dagegen bleibt verkürzt wie er gewesen ist. Viele niedere wirbellose Geschöpfe, wie die Polypen, die Planarien, die Naiden, die Nereiden besitzen eine Ausdehnung des Wiedererzeugungsvermögens, wie sie den meisten anderen Wesen nicht zukommt.

Grösse des Wiedererzeugungsvermögens.

§. 1304. Hält man sich nur an eine und dieselbe Thierart, so lässt sich nach der blossen Beschaffenheit des Gewebes nicht voraussagen, ob es wieder erzeugt wird oder nicht. Die Nebenbedingungen liefern den Endentscheid. Obgleich die Knochenelemente häufig hergestellt werden, so können doch auch nur bandartige Gewebe nach Knochenbrüchen entstehen. Zellgewebige Massen füllen häufig die Continuitätsstörungen des Rückenmarkes aus. Es kommt aber auch ein wahrer Wiederersatz vor. Muskelfasern heilen gewöhnlich durch Narbenmasse. Man findet dagegen, dass neue Muskelfasern in krankhaften Ablagerungen ausnahmsweise gebildet werden. Wir haben schon §. 1146 gesehen, dass ähnliche Verhältnisse für die Horngewebe wiederkehren.

§. 1305. Verletzungen der Lederhaut, der Schleimhäute, der Muskelmassen, der Drüsen heilen in der Regel im Menschen durch heterologe Gewebe oder durch Narbenmasse. Hat diese ihre höchste Entwickelungsstufe erreicht (§. 1181), so besitzt sie ein geringeres Volumen als die Lücke, die ursprünglich vorhanden war. Da aber die Narbenfasern einen verhältnissmässig hohen Grad von Festigkeit besitzen, so ziehen sie die Theile, an die sie innig gekittet sind, zusammen. Die eigenthümlichen Formen der Narben erklären sich aus diesen Verhältnissen.

Heilung durch Narbenmasse.

§. 1306. Die grössere Festigkeit der Narbenmasse bedingt es, dass

spätere Verletzungen neue Continuitätsstörungen neben und nicht in der Narbe zu erzeugen pflegen. Es kommt dagegen unter krankhaften Verhältnissen vor, dass die Narbe erweicht und daher eine abermalige Lücke durch diese Veränderung erzeugt wird.

§. 1307. Ist die Matrix eines Horngewebes zerstört, so fehlt auch in der Regel die Wiederherstellung desselben. Die Narben behaarter Stellen bleiben daher haarlos (§. 1139). Obgleich die Grundmasse der Lederhaut aus zellgewebigen Fasern besteht, so liefert sie doch eingezogene Narben, weil deren Elemente ein verhältnissmässig geringeres Volumen einnehmen. Dasselbe wiederholt sich für die Muskeln, die Drüsen und nicht selten für die Sehnen und andere vernarbte Organtheile.

Krystalllinse.

§. 1308. Man kann sich an Kaninchen überzeugen, dass die Elemente der Krystalllinse wieder hergestellt werden. Hat man die Hornhaut eingeschnitten und die Linsenkapsel gespalten, so wird die Hauptmasse der Linse durch den elastischen Druck (§. 475) des gespannten Augapfels hervorgetrieben. Nur einzelne Bruchstücke der weicheren oberflächlichen Linsenmasse oder der Morgagni'schen Feuchtigkeit bleiben meistentheils zurück. Man findet nach einiger Zeit eine neue Linsenmasse, die alle regelrechten Linsenelemente, die Kugeln der Morgagni'schen Feuchtigkeit (Taf. IV. Fig. LV.) und die Linsenfasern (Taf. IV. Fig. LVI.) enthält. Die Linsensubstanz ist oft in der Nähe der Narbe der Linsenkapsel vertieft oder unregelmässiger abgelagert.

§. 1309. Der graue Staar oder die Cataracte besteht in der Verdunkelung der Krystalllinse. Diese schneidet daher den Weg der Lichtstrahlen nach der Netzhaut ab. Man entfernt sie entweder durch die Extraction oder schiebt sie nach einem anderen Orte des Auges bei der Depression. Untersucht man Menschenaugen, die auf diese Weise vor Monaten oder Jahren operirt worden, so findet man in der Regel keine neue ächte Linsenmasse. Man sieht häufig am Rande weisse Ablagerungen, die sich als gewöhnliche feste Ausschwitzungen (§. 1280) bei der mikroskopischen Prüfung erweisen. Dieser Umstand lehrt, dass die ungünstigen Ernährungsverhältnisse, die früher zur Trübung der Linse geführt haben, die Wiederherstellung derselben in der Folge hinderten.

Hornhaut.

§. 1310. Die Hornhaut bietet im Ganzen ungünstigere Verhältnisse als die Linse dar. Hat eine Verletzung einen Theil ihrer Schichten entfernt, so kann ein Wiederersatz bisweilen stattfinden. Die Lücken, welche Geschwüre erzeugen, werden daher auch in glücklichen Fällen von neuen hornhautähnlichen Massen ausgefüllt.

§. 1311. Die Substanz der Hornhaut trübt sich leicht unter regelwidrigen Ernährungsverhältnissen. Der weisse Hornhautrand, den man an älteren Leuten bemerkt (*Arcus senilis s. Gerontoxon*), rührt von solchen Abnormitäten her. Eiterungen und Geschwüre hinterlassen häufig Trübungen, die das ganze Leben verbleiben, so dass keine Integralerneuerung des Gewebes stattfindet oder keine helle Substanz erzeugt wird, weil die benachbarten getrübten Molecüle die abgelagerten neuen Bestandtheile in ihrem Sinne ändern.

§. 1312. Fremde Körper können in der Hornhaut einheilen. Nussbaum setzte kleine runde Glasscheiben, die oben und unten mit vorspringenden

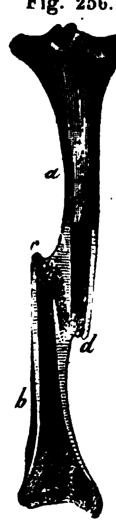
Rändern versehen waren, in die Hornhaut von Kaninchen ein. Sie wuchsen hier mit der Zeit fest. Die Lichtstrahlen drangen durch das Glas wie durch die unversehrte Hornhaut. Der von Himly gemachte Vorschlag, Menschen, die wegen Trübung der Hornhaut erblindet sind, durch durchsichtige Einsatzstücke sehend zu machen, hat daher die an Thieren gemachten Erfahrungen für sich.

§. 1313. Während Knorpellücken gar nicht ersetzt oder durch Narbenmasse ergänzt werden, begründet die Wiedererzeugung der Knochensubstanz die Möglichkeit der Heilung der Knochenbrüche. Eine neue Knochenmasse, der Callus, kittet die Bruchenden zusammen. Er ist im Allgemeinen dicker und fester als der normale Knochen. Ein gesunder Knochen, der früher gebrochen war und später geheilt ist, bricht daher in der Regel zum zweiten Male ausserhalb der Callusmasse.

Heilung der Knochenbrüche.

§. 1314. Ist ein Röhrenknochen in querer oder schiefer Richtung vollkommen zerbrochen, so ziehen sich die benachbarten Muskeln elastisch zurück, so dass das Glied verkürzt wird. Man muss daher diesen Fehler durch die künstliche Dehnung der Extremität beseitigen und diese mit einem Schienen- oder einem Kleisterverbande in der gestreckten Lage erhalten, bis sich ein hinreichend fester Callus erzeugt hat. Wird diese Vorsichtsmaassregel unbeachtet gelassen, so heilen die Bruchenden des Knochens in ihrer über einander geschobenen Lage zusammen. Fig. 255 u. 256 zeigen uns einen solchen Fall. *a* u. *b* Fig. 255 waren die beiden Stücke des gebrochenen Schienbeines. Sie sind in *c d* verschoben. Fig. 256 ist die Abbildung des gleichen Knochens, nachdem er zum Theil der Länge nach halbirt worden. Man sieht die beiderseitigen, zusammenhängenden Markmassen bei *a* und *b* und die verschobenen Stücke der Rindensubstanz bei *c* und *d*.

Fig. 255. Fig. 256.



§. 1315. Die spitzen Stücke des gebrochenen Knochens zerreissen einen Theil der benachbarten Gewebe unmittelbar oder indem die Muskeln die Bruchenden verschieben. Eine gewisse Menge später gerinnenden Blutes umgiebt daher die Bruchstelle. Die nachfolgende entzündliche Ausschwitzung fügt einen Erguss hinzu, der zuerst Farbestoff aus dem benachbarten Coagulum aufnimmt. Das Ganze entfärbt sich nach und nach. Während die Blutkörperchen verloren gehen, wird das zurückbleibende Blastem knorpelig. Man kann in Thieren ächte Knorpelmasse sicher nachweisen. Sie bildet einen provisorischen Callus, der die Bruchenden vorläufig zusammenhält. Die Verknöcherung kann von den Bruchenden ausgehen und zugleich inselweise in der Knorpelmasse auftreten. Sie greift immer weiter um sich, bis endlich Knochenmasse die ganze Lücke füllt. Der Callus hat in der Regel im Anfange einen grösseren Querschnitt als die benachbarten Theile der Röhrenknochen. Sein Durch-

messer kann im Laufe der Zeit abnehmen. Er schleift sich, wie man sich ausdrückt, nach und nach ab.

Künstliches Gelenk.

§. 1316. Es kommt unter krankhaften Verhältnissen vor, dass nur eine weiche bandartige Masse statt des knöchernen Callus erzeugt wird. Heftige mechanische oder chemische Eingriffe, die eine lebhaftere Entzündung erregen, können noch die Verknöcherung nachträglich möglich machen. Man findet auch bisweilen, dass spätere Säfteentmischungen den Callus in ähnlicher Weise wie die Narben (§. 1306) erweichen.

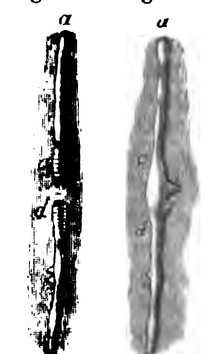
Zähne.

§. 1317. Wir werden bei der Betrachtung der Embryonalverhältnisse sehen, dass die ersten Anlagen der bleibenden Zähne fast ebenso zeitig als die frühesten Spuren der Milchzähne bemerkt werden. Der Zahnwechsel gehört deshalb nicht zu den Wiedererzeugungsprocessen. Ist ein bleibender Zahn ausgefallen, so folgt in der Regel kein anderer nach. Die Alveole verengert oder schliesst sich an der entsprechenden Stelle. Die Angabe, dass bisweilen alte Leute von Neuem zu zahnen anfingen, bedarf noch genauerer wiederholter Prüfungen. Der sehr späte Durchbruch eines letzten Backenzahnes kann zu dem Irrthume verleiten, dass ein Zahn im Erwachsenen erzeugt worden. Zähne, die man unmittelbar nach dem Ausreissen von Neuem einsetzt, können in der Alveole festwachsen. Dass Zahnbrüche nur durch Knochen- oder Cementsubstanz heilen, wurde schon §. 1223 bemerkt. Globular- und Cementmassen und eine knochenähnliche dunkele Substanz können in reichlicher Menge unter krankhaften Verhältnissen auftreten.

Nerven.

§. 1318. Hat man einen peripherischen Nervenstamm getrennt, so ziehen sich die beiden Abschnitte *a* und *b*, Fig. 257, zurück. Die zellgewebigen Massen des Neurilems biegen sich daher wellenförmig (§. 1178). Die Wellenberge reflectiren das auffallende Licht stärker als die Wellenthäler. Man sieht desshalb helle und dunklere Querbänder, *c* und *d*, Fig. 257, wenn die Unebenheiten in entsprechenden Querlinien vertheilt sind. Ist nicht zu viel Nervenmasse in *cd* entfernt worden und bleiben die Schnittflächen einander zugekehrt, so kann sich die Lücke mit neuen Primitivfasern leicht ausfüllen.

Fig. 257. Fig. 258.



§. 1319. Man findet dann nach einiger Zeit eine Ausschwitzung, welche dicker als der übrige Nerv ist und daher in der Form eines Knollens, *cd*, Fig. 258, erscheint. Er liegt frei oder wird durch fadige Fortsätze *e* an die Nachbartheile geheftet. Im Anfange, wie andere Exsudate, aus körnigen Massen oder Exsudatkörperchen zusammengesetzt (§. 1280), nimmt er später ein faseriges Gefüge an. Gelingt es, die erste Stufe dieser Umwandlung wahrzunehmen, so sieht man, dass die faserige Streifung von den beiden früheren Schnittflächen des Nerven ausgeht und nach der Mitte undeutlicher wird. Die grauweissen bis graugelblichen Fasern sind mit länglichen Kernen stellenweise besetzt. Sie erinnern daher an marklose Nervenfasern (§. 1241). Man bemerkt später, dass sich einzelne dieser Streifen mit Nervenmark, das immer entschiedener milchweiss wird, füllen. Diese ersten wiedererzeugten Markfasern besitzen nur schmale

Querschnitte, die sich später vergrössern können. Sie hängen mit den früheren Primitivfasern beiderseits zusammen. Ein Theil der Markfasern erzeugt sich auf diese Art wieder. Man findet aber häufig, dass ein anderer Theil derselben nicht regenerirt wird.

§. 1320. Der Knollen *cd*, Fig. 258, bleibt noch oft lange zurück, nachdem die Wiederkehr der Empfindung und der Bewegung die Regeneration angezeigt hat. Man findet ihn bisweilen z. B. an Fingernerven, die vor einer Reihe von Jahren zerrissen wurden. Es kommt aber auch vor, dass er sich nach und nach verkleinert. Der Nerv verräth zuletzt keine Spuren seiner früheren Anwesenheit. Seine ursprüngliche Grösse wechselt auch in hohem Grade.

§. 1321. Will man die Wiedererzeugung eines Nerven vermeiden, so muss man ein langes Stück desselben ausschneiden oder ein Ende schraubig zusammendrehen und dann bogig umlegen, um das Gegenüberliegen der freien Schnittflächen zu verhüten. Es kann sich dessenungeachtet ein Knollen an dem peripherischen Abschnitte des centralen und dem centralen des peripherischen Nervenstückes bilden. Man vermisst diese Anschwellungen, wenn längere Zeiträume nach der Trennung verflossen sind. Ich sah dann die gedrehten Nervenenden spitz auslaufen und sich durch Bindegewebfäden an die Nachbartheile anheften.

Verödung der Nervenfasern.

§. 1322. Hat sich ein durchschnittener Nerv nicht wieder erzeugt, so erscheint das peripherische Stück schon dem freien Auge blasser und dünner. Die mikroskopische Untersuchung lehrt, dass sich die Nervenfasern nach und nach wesentlich ändern. Sie verlieren ihren weissen Markinhalt und zeigen dafür Reihen von unregelmässigen Oeltröpfchen. Diese schwinden später, so dass nur grauweisse Hüllen übrig bleiben. Viele der letzteren gehen vermuthlich in der Folge ebenfalls verloren.

§. 1323. Budge, Waller und Schiff haben die Entartung der Nervenfasern benutzt, um über den Verlauf der Primitivfasern Aufschluss zu erhalten. Sie gehen hierbei von der Ansicht aus, dass dasjenige Stück der Primitivfaser, welches noch mit seinem nervösen Centralorgane zusammenhängt, sein Mark behält, das andere dagegen dasselbe verliert. Man kann z. B. hiernach entscheiden, ob Fasern von dem Brusttheile des Rückenmarkes innerhalb des Grenzstranges des Halstheiles des sympathischen Nerven emporsteigen oder in entgegengesetzter Bahn verlaufen. Die näheren hier in Betracht kommenden Verhältnisse werden uns in der Nervenlehre beschäftigen.

Ganglienkugeln.

§. 1324. Die peripherischen Ganglienkugeln erzeugen sich im Allgemeinen schwerer wieder als die Nervenprimitivfasern. Walter und ich haben aber auch die Wiederherstellung derselben in dem obersten Knoten des sympathischen Nerven der Kaninchen beobachtet, während dieses Schrader nicht gelungen war.

Centrales Nervensystem.

§. 1325. Die meisten Verletzungen der Centraltheile des Nervensystemes heilen durch Narbenmasse. Aeltere apoplektische Heerde werden oft eingekapselt. Sie sind nicht selten von erweichten und zerflossenen Stellen umgeben. Man findet endlich bisweilen zusammengezogene narbenähnliche Massen, wo sie früher vorhanden waren. Brown-Séquard beobachtete die Rückkehr des Willenseinflusses auf die hintere Körperhälfte

nach der vollständigen Quertheilung des Rückenmarkes von Tauben und Meerschweinchen. Er schliesst hieraus, dass eine wahre Wiedererzeugung stattfinden kann.

Drüsen.

§. 1326. Wunden der Drüsenmasse heilen in der Regel durch Narbensubstanz. Hat man aber den Gallengang oder den Bauchspeichelgang unterbunden, so stellt sich häufig ein neuer Abzugscanal nach dem Darme binnen Kurzem her. Der Hohlraum desselben erzeugt sich in der Ausschwitzungsmasse.

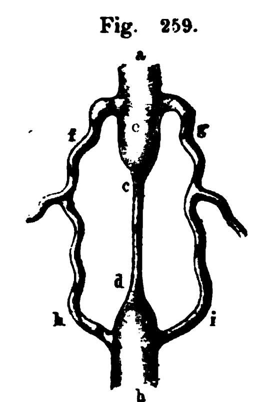
Blutgefässe.

§. 1327. So oft auch Blutgefässe und Saugadern in Exsudaten gebildet werden, so wenig lässt sich von einer wahren Wiedererzeugung durchschnittener und unterbundener oder nur unwegsam gemachter Blutgefässe sprechen. Die Unterbrechung des Kreislaufes führt hier zu einer Reihe eigenthümlicher Folgeerscheinungen.

Verschliessung der Schlagadern.

§. 1328. Gesetzt, *ab*, Fig. 259, sei eine Schlagader, die in der Gegend von *cd* unterbunden worden, so gerinnt die zwischen *e* und *cd* befindliche ruhende Blutsäule und erzeugt einen Blutpfropf oder Thrombus. Er ändert sich nach und nach in ähnlicher Weise wie §. 1289 für die Blutergüsse angegeben worden. Das Endergebniss besteht in der Bildung einer mit der Gefässwand verwachsenen Fasermasse. Eine Verschmälerung des Cylinders begleitet diese Verschliessung des Gefässrohres. Fötale Gefässstücke, die nach der Geburt geschlossen worden, wie der Botalli'sche Gang (*g*, Fig. 141 S. 198), der venöse Gang des Arantius (*k*, Fig. 129 S. 176) und der grösste Theil der in der Bauchhöhle enthaltenen Stücke der Nabelarterien erleiden ähnliche Veränderungen. Die verstopfenden Fasermassen wachsen hier von der Peripherie nach dem Centrum, so dass ein dünner Mittelcanal vor dem völligen Schlusse übrig bleibt.

Fig. 259.



Seitenkreislauf.

§. 1329. Ist die Stelle *cd*, Fig. 259, unwegsam geworden, so hat *a* einen grösseren Seitendruck auszuhalten. Das Blut wird daher mit einem stärkeren Drucke in die kleineren Nebenzweige, *f* und *g* z. B., die zwischen *a* und *cd* abgehen, hineingepresst. Diese erweitern sich. Der grössere Seitendruck, der auch sie trifft, führt zu einer reichlicheren Ausschwitzung von Ernährungsmaterial ihrer Wände. Sie gehen nach und nach in Gefässe von grösserem Querschnitte und dickeren Wandungen über. Indem sich dieses fortsetzt, entstehen Nebenwege nach anderen Aesten *hi*, die mit dem unteren Abschnitte *b* der Schlagader zusammenhängen. Man erhält die Seiten- oder Collateralbahnen *fh* und *gi*, welche die unwegsame Unterbindungsstelle *cd* umgehen und den Kreislauf durch *b* und dessen Verzweigungen von Neuem herstellen.

§. 1330. Diese Folgewirkung und die meist nebenbei vorhandenen Schlagaderstämme machen es möglich, dass der Chirurg grössere Arterien, wie die Carotis, die Schlüsselbeinschlagader, die Schenkelschlagader bei Pulsadergeschwülsten oder in anderen geeigneten Fällen unterbinden kann. Die früheren Thätigkeiten der Theile, in die sich der geschlossene Haupt-

stamm verbreitete, stellen sich wieder her, ehe noch der Seitenkreislauf vollkommen ausgebildet ist, weil die arteriellen Nebenstämme mehr Blut der Vertheilung wegen zuführen (§. 613). Krankhafte Verengerungen oder Verschliessungen der Arterien werden häufig durch ausgedehnte Collateralbahnen unschädlich gemacht. Das Leben kann daher fortbestehen, wenn selbst die Uebergangsstelle des Aortenbogens in die absteigende Aorta unwegsam geworden.

§. 1331. Der Verschluss eines grösseren Venenstammes führt von Anfang an zu geringeren Kreislaufsstörungen, weil in der Regel zahlreiche grössere Anastomosenäste nebenbei vorhanden sind. Die Reste des Thrombus können ebenfalls in eine bandartige Masse verwandelt werden. Sie erhalten sich aber auch häufig längere Zeit, gehen in Eiterung über oder vererden und hinterlassen Venensteine als Rückstand (§. 566).

Verschliessung der Venen.

§. 1332. Die **Thrombose** oder die **Pfropfbildung** hat eine einflussreiche Rolle in vielen Krankheiten. Es kommt häufig vor, dass sich geronnene Massen in dem Herzen oder einem Gefässbezirke aus dem Blute niederschlagen. Wie sich alle Präcipitate an anderen festen Körpern am leichtesten abscheiden, so ist es auch hier meistentheils die Innenfläche des Gefässrohres, welche die ersten Schichten des Coagulum aufnimmt. Der enge, in der Mitte übrig bleibende Canal kann nach und nach gänzlich geschlossen werden. Es ereignet sich, dass Thromben oder Blutgerinnsel überhaupt mit dem kreisenden Blute fortgeführt werden und in einem entfernten Gefässe, das sie nicht mehr durchdringen können, haften bleiben.

Thrombose.

§. 1333. Die Länge des Pfropfes hängt von den verschiedensten Nebenbedingungen ab. Sie wächst im Allgemeinen mit der leichteren Gerinnbarkeit des Blutes, dem geringeren Blutdrucke, der Schwierigkeit des Durchganges durch Nebenbahnen und dem Offenbleiben des Gefässlumens. Hatte Virchow[37]) eine Vene einfach unterbunden, so erzeugte sich ein nur kurzer, bis zur nächsten Klappenbildung reichender Pfropf oberhalb der Ligaturstelle, weil die geringere Elasticität der Wände ein Zusammenfallen gestattete. Verhütete er dieses, indem er ein Kautschukstück in die Vene brachte und beide mit einem Faden zuschnürte, so erhielt der Thrombus eine grössere Längenausdehnung. Weiter organisirte Pfröpfe können auch, nach Stilling, Blutgefässe in ihrem Inneren erzeugen.

§. 1334. Die **Amputationsstümpfe** besitzen eine Reihe anatomischer Eigenthümlichkeiten, die man sich nach den eben erläuterten Verhältnissen erklären kann. Sie magern in der Regel nach und nach merklich ab, weil sie weniger als vollständige Glieder bewegt zu werden pflegen. Die Narbe, die sich im Laufe der Zeit beträchtlich verkleinern kann, bildet eine einfache weissliche Linie im günstigsten Falle. Es kommt aber auch, z. B. an den dickeren Stümpfen des Oberschenkels, vor, dass sie tief eingezogen und strahlig erscheint und die benachbarten Weichgebilde wallartig zwischen den Narbenvertiefungen hervorragen. Man findet in der Regel die missgestalteten Narben, wenn der Chirurg zu viel oder zu wenig Weichtheile im Verhältniss zum Knochen zurückgelassen hat, eine starke Eiterung der Heilung vorangegangen und sich ein Knochenring nachträglich losgestossen hat. Spätere einseitige Muskelverkürzungen können die Narbe von ihrem ursprünglichen Orte verschieben.

Amputationsstümpfe.

§. 1335. Fig. 260 zeigt den präparirten Stumpf eines Mannes, der ungefähr drei Jahre früher am linken Oberarme amputirt worden war. Man sieht in *a* die in der Nähe der Narbe befindlichen Hautfalten. Die zum Theil elastisch verkürzten und nicht sehr dicken Muskeln *b b* und die Sehnen *c* werden durch Narbengewebe an die Nachbargebilde geheftet. Die grösseren Nervenstämme *d* und *e*, die schon in ihrer natürlichen Lage gebogen verliefen, gehen zuletzt in starke Knollen *f* und *g* über, die durch Fasermassen an die Nachbartheile geheftet werden. Man hat sie früher häufig gangliös genannt. Sie führen aber nur Bindegewebe und Nervenfasern (Taf. III. Fig. XL.) und keine Ganglienkugeln (Taf. V. Fig. LXXIV.). Sie entsprechen den Anschwellungen, die man an dem centralen Abschnitte und nicht wieder erzeugter Nerven findet (§. 1319), und fehlen daher oft an einzelnen Nervenstämmen der Amputationsstümpfe. Die grösseren und viele der kleineren Schlagadern *h* verlaufen häufig geschlängelt. Ihre unteren unterbundenen Enden sind als Folge der Thrombusbildung (§. 1328) bandartig geworden. Einzelne über dem Bande abgehende kleinere Zweige besitzen oft verhältnissmässig grosse Querschnitte. Nachträgliche Knochenablagerungen haben die Markhöhle des untersten Abschnittes des durchsägten Knochens geschlossen. Diese Knochenmassen ragen oft knollig oder zackig hervor. Sie heften die Speiche und das Ellenbogenbein in den Vorderarm- und das Schienbein und das Wadenbein in den Unterschenkelstümpfen zusammen.

Fig. 260.



§. 1336. Die Gesammtform des Stumpfes hängt von dem Ernährungszustande desselben und den gegenseitigen Verhältnissen der Weichgebilde und des Knochens ab. Ist das übrig gebliebene Knochenstück kurz und liegt es in den Weichtheilen tief verborgen, so hat man im Allgemeinen rundlichere und im entgegengesetzten Falle längliche oder zuckerhutförmige Stumpfformen. Ein Druck, der die dem Knochen benachbarten Weichgebilde oder die Nervenknollen trifft, schmerzt verhältnissmässig am meisten. Die Narbe macht den Stumpf gegen äussere Einwirkungen empfindlicher als das gesunde Glied gewesen ist. Der sogenannte Calender der Amputirten oder die den Witterungswechsel begleitenden Schmerzen im Stumpfe erklären sich aus diesem Umstande. Die Muskeln zucken bisweilen ohne äussere Veranlassung unwillkürlich. Solche Bewegungen können ebenfalls von Schmerzen begleitet werden.

§. 1337. Statik der Ernährungserscheinungen. — Da die einzelnen Organe und daher der gesammte Körper eines Thieres einem rascheren oder langsameren Molecularwechsel unterworfen sind, so muss eine genaue Controle der Lebensthätigkeiten die Bilanz der Einnahmen und der Ausgaben aufstellen und den Gewinn oder den Verlust nach dem Facit bestimmen. War das Gewicht zu einer früheren Zeit p und zu einer späteren p', während die Einnahmen f und die Ausgaben d betrugen, so erhält man $p' - p = f - d$. Wird diese Grösse Null, so ist das Organ oder das Thier innerhalb jener Zeit stabil geblieben. Ein positiver Werth desselben deutet auf Zunahme und ein negativer auf Abnahme der Massentheile. Wir haben dann Wachsthum oder Hypertrophie und Abmagerung oder Atrophie, je nachdem normale oder regelwidrige Verhältnisse eingegriffen haben.

Bilanz der Einnahmen und der Ausgaben.

§. 1338. Wir wollen annehmen, der Körper hätte zu einer gegebenen Zeit p und nach n Zeiteinheiten p' gewogen, so wird $a = \frac{p' - p}{n}$ die auf die Zeiteinheit bezogene Veränderungsgrösse ausdrücken. Denken wir uns z. B. das Jahr als Zeiteinheit, so bewahrt a so ziemlich den gleichen Werth während des mittleren Lebensalters, weil dann der Organismus durchschnittlich weder zu- noch abnimmt. a wird bis zum vollendeten Wachsthume positiv und in höheren Lebensjahren negativ ausfallen.

Veränderungsgrösse.

§. 1339. Legen wir einen kürzeren Zeitraum, z. B. den Tag, als Einheit zum Grunde, so stossen wir auf andere Ergebnisse. Gesetzt, ein Erwachsener hätte zu einer gewissen Zeit p, n Tage später p', n' Tage nachher p'' u. s. f. gewogen, so wird man finden, dass $\frac{p' - p}{n}$ und $\frac{p'' - p'}{n'}$ unter einander abweichen. Der Unterschied beträgt aber in der Regel weniger, als die Gesammtsumme der Einnahmen oder Ausgaben eines einzigen Tages ausmacht. Die Stabilität des Menschen von mittlerem Lebensalter liess dieses Ergebniss von vornherein erwarten. Man findet aber auch das Gleiche in jüngeren wie in älteren Jahren, weil das Wachsthum oder die Abnahme so langsam fortschreiten, dass ihre auf eine Tageseinheit bezogenen Durchschnittsgrössen von den Werthen der übrigen Einflüsse verdeckt werden. Das stärkste Wachsthum fällt in das erste Lebensjahr. Das einjährige Kind ist ungefähr $2^1/_2$mal so schwer als das Neugeborene. Die mittlere tägliche Zunahme beträgt daher nur $^1/_{243}$ für jeden Tag des ersten Lebensjahres.

§. 1340. Hält man sich an das unmittelbare Zeugniss der Sinne, so bestehen die Einnahmen aus den sichtbaren Nahrungsmitteln und dem unsichtbaren in die Blutmasse übertretenden Sauerstoff. Jene bilden daher die merklichen oder die sensiblen, der Sauerstoff dagegen eine unmerkliche Einnahme. Die Hautabschuppung, der zufällig entleerte Speichel oder Schleim und vor Allem der Harn und der Koth liefern die merklichen oder sensiblen, die Kohlensäure und die Wasserdämpfe der Perspiration, sowie die an anderen Orten austretenden Gase und Dünste die unmerklichen oder insensiblen Ausgaben.

Merkliche und unmerkliche Einnahmen und Ausgaben.

§. 1341. Man kann den eingeathmeten Sauerstoff bei der gegenseitigen Bilanz der Einnahmen und der Ausgaben unbeachtet lassen, weil ein Aequivalent desselben in der Kohlensäure und einem Theile der Wasserdämpfe in

der Regel davongeht. Die blosse Controle der merklichen Einnahmen und Ausgaben und der Körpergewichte wird daher über den Perspirationsverlust Aufschluss geben. Man pflegt dabei nur den Koth und den Harn zu berücksichtigen, weil die übrigen sensiblen Entleerungen verhältnissmässig unbedeutende Werthe unter regelrechten Verhältnissen in Anspruch nehmen.

Perspirationsverlust.

§. 1342. Wog die Körpermasse p am Anfange und p' am Ende der Versuchszeit, die n Einheiten gedauert hat, und bezeichnet m das Gewicht der merklichen Einnahmen und q das der merklichen Ausgaben, so hat man $e = \frac{m - (p' + q - p)}{n}$ für den auf die Zeiteinheit bezogenen Perspirationsverlust. Die Grösse e umfasst den Kohlenstoff der ausgehauchten Kohlensäure, den unmittelbar verbrannten Wasserstoff, der selbst oder dessen Aequivalent als Wasserdunst davongegangen, den Stickstoff, die Wasserdämpfe und die flüchtigen organischen Verbindungen, die in der Perspiration ausgetreten sind.

Schwankungen der Einnahmen und der Ausgaben.

§. 1343. Halten wir uns z. B. an die täglichen Durchschnittsgrössen einer dreitägigen Versuchsreihe, die ich an mir selbst anstellte, so glich die mittlere Summe der Speisen und der Getränke, die ich innerhalb 24 Stunden aufnahm, oder $m = 2924$ Grm. Die auf die gleiche Zeiteinheit kommende Menge des Kothes war 191 Grm. und die des Harnes 1448 Grm., folglich $q = 1639$ Grm. Der mittlere tägliche Unterschied des Körpergewichtes oder $p' - p$ betrug $+ 38$ Grm. Wir erhalten daher $e = 1247$ Grm. als Durchschnittsgrösse des täglichen Perspirationsverlustes.

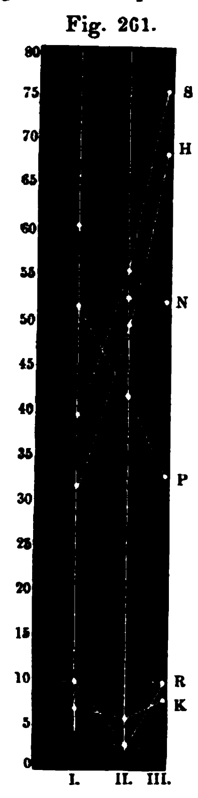
§. 1344. Vergleicht man die einzelnen Mittelwerthe unter einander, so verhalten sich:

Die mittleren Grössen	Genau.	Annähernd.
der merklichen Einnahmen zu den merklichen Ausgaben	1 : 0,56	5 : 3
der merklichen Einnahmen zu den unmerklichen Ausgaben	1 : 0,43	5 : 2
der merklichen Einnahmen zu dem im Körper bleibenden Reste . . .	1 : 0,01.	100 : 1
der merklichen Abgänge zu den unmerklichen	1 : 0,76	4 : 3

Es versteht sich von selbst, dass diese Zahlen von einem Tage zum anderen wechseln. Wir können uns die Schwankungen am besten versinnlichen, wenn wir uns die Verhältnisse graphisch verzeichnen. I. II. III., Fig. 261, bezeichnet die drei Tage. Die punktirte Linie N giebt die Nahrungsmittel an. Sie betrugen so viele Tausendtheile des gleichzeitigen Körpergewichtes (52,9 bis 53,7 Kilogrm.), als die in horizontaler Richtung beigesetzte Zahl anzeigt. Die übrigen Werthe sind in Procenten der eingenommenen Nahrung ausgedrückt. Die Horizontallinien zeigen daher, wie

viel Procente der eingeführten Speisen und Getränke der Koth *K*, der Urin *H*, die Summe der sensiblen Ausgaben *S*, der Perspirationsverlust *P* und der negative oder positive Rest *R* betrugen. Man sieht, dass die sensiblen Ausgaben *S* dem Harne *H* als ihrem vorzüglichsten regelrechten Bestimmungsgliede ziemlich parallel gingen, dass eine Hebung dieser Grössen eine Abnahme der Perspiration *P* zur Folge hatte und der Rest in den beiden ersten Tagen negativ und in den letzten positiv ausfiel.

Fig. 261.



§. 1345. Nehmen wir an, dass ich 33,7 Sauerstoff stündlich verzehre (§. 775), so giebt dieses 809 Grm. für 24 Stunden. Die mittlere tägliche Gesammtsumme meiner Einnahmen und Ausgaben gliche hiernach 3733 Grm. oder ungefähr $^1/_{14}$ bis $^1/_{15}$ des Körpergewichtes. Da die täglichen sensiblen Entleerungen nur etwa $^1/_{33}$ ausmachten, so folgt, dass diese weniger als die Hälfte der Gesammteinnahmen betragen haben.

Gleicht der Durchschnittswerth der Kohlensäure, den ich in 24 Stunden liefere, 940 Grm. und lassen wir die kleineren unmerklicheren Ausgaben unbeachtet, so bleiben 1116 Grm. für die Wasserdämpfe der Perspiration. Man sieht, dass die Haut mehr Wasserdünste als die Lungen (§. 718) ausführt (§. 791).

Statistische Bestimmungen.

§. 1346. Es wurde schon §. 796 bemerkt, dass alle bis jetzt versuchten Methoden, den Sauerstoff, die Kohlensäure und den Stickstoff der Perspiration gleichzeitig zu verfolgen, Werthe, die von denen der Normalverhältnisse wesentlich abweichen, geliefert haben. Wollte man noch die Mengen der Wasserdämpfe und die einzelnen Bestandtheile der merklichen Einnahmen und Ausgaben genau bestimmen, so würden sich die Schwierigkeiten in unabsehbarem Maasse vergrössern. Man hat daher die Untersuchung auf Kosten der Genauigkeit abzukürzen gesucht. Wir wollen uns den allgemeinen Gang der hierzu gebrauchten Methoden klar machen.

§. 1347. Man bestimmt den Wassergehalt und die elementaranalytischen Bestandtheile (§. 48) einzelner Proben der merklichen Einnahmen und Ausgaben in relativen Werthen und berechnet hiernach die absoluten Mengen nach den absoluten Quantitäten der sensiblen Einnahmen *m* und der sensiblen Entleerungen *q*. Die gegenseitige Bilanz lässt auf die unmerklichen Einnahmen und Ausgaben zurückschliessen.

Gesetzt, es sei *a* Wasser mit Speise und Trank eingeführt und *a'* mit dem Kothe und dem Harne entfernt worden, während sich das Körpergewicht nicht geändert hat, so blieben $a - a' = \alpha$ für die Perspiration übrig. Findet sich ein ähnlicher Unterschied *c* für den Kohlenstoff, *h* für den Wasserstoff, *n* für den Stickstoff und *s* für den Sauerstoff, so nimmt man an,

dass c als Kohlensäure, h als Wasser und n als gasförmiger Stickstoff in der Lungen- und der Hautausdünstung davongegangen. Hat die Quantität c von Kohlenstoff β Sauerstoff nöthig, um in Kohlensäure, und brauchte die Quantität h von Wasserstoff γ Sauerstoff, um in Wasser überzugehen, so würde der absorbirte Sauerstoff $\beta + \gamma - s = \delta$ betragen haben.

Die Gesammtmenge der Einnahmen ist hiernach $m + \delta$, die der merklichen Ausgaben q und die der Perspiration $\alpha + c + \beta + h + \gamma + n + \delta - s$. Die Quantität des mit der Perspiration austretenden Wassers beträgt $\alpha + h + \gamma$, wobei ein Aequivalent von $h + \gamma$ durch Verbrennung erzeugt worden. $c + \beta$ entspricht der ausgeschiedenen Kohlensäure und $\pm n$ dem ausgehauchten oder absorbirten Stickstoff. Bleibt ein Rest f von Aschenbestandtheilen, so muss dieser auf die kleineren merklichen Entleerungen, z. B. die Hautabschuppung, bezogen werden.

§. 1348. Man sieht leicht, dass dieses Verfahren eine Reihe nicht unbedeutender Fehlerquellen einschliesst. Es stört im Ganzen nicht merklich, dass die Verluste der Hautabschuppung, des entfernten Schleimes, Speichels u. s. w. unbeachtet bleiben. Die vorzüglichsten Irrungen liegen in der chemischen Prüfungsweise.

Man nimmt nur unbedeutende Quantitäten, Bruchtheile eines Grammes zur elementaranalytischen Untersuchung, während die absoluten Mengen viele hundert, ja mehrere tausend Mal mehr betragen. Muss man aber den elementaranalytischen Werth mit einer grossen Zahl n multipliciren, so wird sich jeder positive oder negative Fehler derselben n Mal vervielfachen. Bedenkt man, dass die gegenwärtigen Methoden der Elementaranalysen verhältnissmässig bedeutende Fehlerquellen gestatten (§. 53), so werden hierdurch beträchtliche Irrthümer zum Vorschein kommen, wenn die Irrungen in den Einnahmen in demselben Sinne als in den Ausgaben durchgreifen.

Man ist genöthigt, nur kleine Proben der Nahrungsmittel, des Kothes und des Harnes zur Untersuchung zu wählen. Alle diese Körper sind aber ungleichartige Massen. Man kann daher voraussehen, dass sich andere Zahlen ergeben würden, wenn man das Ganze verbrennen könnte. Legt man, wie Barral es that, eine und dieselbe Analyse der Milch oder eines anderen Körpers den Beobachtungen, die man innerhalb verschiedener Monate angestellt hat, zum Grunde, so kann dieses nur zu Täuchungen führen.

Die hygroskopische Beschaffenheit einzelner hier in Betracht kommender Verbindungen, wie des Rückstandes des Harnes und oft auch des Kothes oder mancher Nahrungsmassen, führt nicht unbedeutende Fehlerquellen ein. Flüchtige Verbindungen, wie das Ammoniak, erzeugen eine andere Irrthumsquelle. Wir haben §. 1014 gesehen, dass der frische Harn Ammoniak führt. Geht dieses bei dem Verdampfen davon, so müssen später die sensiblen Entleerungen weniger Stickstoff als die Einnahmen enthalten. Man hat hieraus mit Unrecht geschlossen, dass gasförmiger Stickstoff in der Perspiration ausgetreten sei (§. 761). Käme auch dieser Umstand nicht hinzu, so wäre jene Folgerung nicht gestattet, weil die möglichen Fehlerbreiten der Stickstoffbestimmungen grösser als der Stickstoffunterschied ausfallen.

Dasselbe gilt von den Verhältnissen des absorbirten Sauerstoffs zur ausgehauchten Kohlensäure. Ein Theil des Kohlenstoffs, den man als

Kohlensäure berechnet, gehört den kleineren merklichen Entleerungen (§. 1341) und dem Kohlenoxyd und dem Kohlenwasserstoff der Darmgase (§. 322) an. Dieser Umstand erzeugt nur unbedeutende Fehler für die Kohlensäure und die Sauerstoffbestimmung. Die letzteren verlieren aber viel von ihrer Sicherheit, weil der Sauerstoff einer jeden Elementaranalyse den Ausdruck der Summe der Fehler des Kohlenstoffs, des Wasserstoffs und des Stickstoffs in sich schliesst. Fallen alle diese Irrungen gleichsinnig aus, so vergrössert sich der Fehler in beträchtlichem Maasse. Man ist daher nicht berechtigt, die hier erhaltenen Werthe mit den Resultaten genauer Athmungsanalysen zu vergleichen.

Vertheilung der Ausgaben.

§. 1349. Stellen wir die mittleren Zahlen, die Barral und ich erhalten haben, zusammen, so hat man:

Durchschnittliche tägliche Werthe, die Gesammtsumme der Einnahmen = 100.

Einnahmen.		Ausgaben.							
Speise und Trank.	Verzehrter Sauerstoff.	Koth.	Harn.	Merkliche Entleerungen.	Ausgehauchte Kohlensäure.	Wasserdämpfe.	Hautabschuppung und kleinere Verluste.	Ueberrest für die Ausgaben des folgenden Tages.	Beobachter.
74,4	25,6	—	—	34,8	30,2	34,5	0,5	—	Barral.
78,3	21,7	5,1	38,8	43,9	25,2	30,0		0,9	Ich.

Der täglich eingenommene Sauerstoff betrug hiernach $^1/_4$ bis $^1/_5$ der Mittelmengen von Speise und Trank. Der Koth glich $^1/_{20}$, der Harn $^1/_3$ bis $^2/_5$, die Gesammtmasse der merklichen Entleerungen etwas mehr als $^1/_3$ und weniger als $^1/_2$, die Kohlensäure $^1/_4$ bis $^1/_3$, das dunstförmig austretende Wasser $^1/_3$, die Hautabschuppung $^1/_{200}$ der Summe der Einnahmen. Beinahe $^1/_{100}$ trat als durchschnittliche Differenz der Körpergewichte von einem Tage zum anderen auf.

§. 1350. Führt man die Maxima und die Minima der Einnahmen und der Ausgaben auf die Einheit des gleichzeitigen Körpergewichtes zurück, so hat man:

Mittlere 24stündige Menge. Das Körpergewicht = 1.

Speise und Trank.	Verzehrter Sauerstoff.	Koth.	Harn.	Merkliche Entleerungen.	Ausgehauchte Kohlensäure.	Wasserdämpfe und Hautabschuppung.	Perspirationsverlust.	Beobachter.
$^1/_{17}$ bis $^1/_{20}$	$^1/_{45}$ bis $^1/_{61}$	$^1/_{236}$ bis $^1/_{620}$	$^1/_{42}$ bis $^1/_{46}$	$^1/_{38}$ bis $^1/_{43}$	$^1/_{39}$ bis $^1/_{54}$	$^1/_{37}$ bis $^1/_{42}$	$^1/_{32}$ bis $^1/_{37}$	Barral.
$^1/_{16}$ bis $^1/_{19}$	$^1/_{67}$	$^1/_{247}$ bis $^1/_{354}$	$^1/_{28}$ bis $^1/_{52}$	$^1/_{26}$ bis $^1/_{46}$	$^1/_{58}$	$^1/_{47}$	$^1/_{32}$ bis $^1/_{57}$	Ich.

Diese Werthe geben als Durchschnittsprocente des gleichzeitigen Körpergewichtes:

Mittlere Procente des Körpergewichtes.

Speise und Trank.	Sauerstoff.	Koth.	Harn.	Merkliche Entleerungen.	Ausgehauchte Kohlensäure.	Wasserdämpfe und Hautabschuppung.	Perspirationsverlust.	Beobachter.
5,4	1,9	0,2	2,2	2,4	2,2	2,6	2,9	Barral.
5,4	1,5	0,3	2,7	3,0	1,8	2,4	2,4	Ich.

§. 1351. Wir haben schon §. 1348 gesehen, dass sich gegründete Einwendungen gegen die von Barral berechneten Zahlen erheben lassen. Obgleich mit bedeutenden Irrthumsquellen behaftet, können sie doch eine ungefähre Uebersicht mancher Hauptverhältnisse liefern. Hält man sich an die Erfahrungen, die Barral an seinem eigenen Körper machte, so hat man:

Verbindung.	Versuchszeit.	Verhältnissmässige Menge der Stoffe der Ausgaben, die gleichen Stoffe der Einnahmen = 100.			
		Koth.	Harn.	Merkliche Entleerungen.	Perspiration.
Wasser . .	Winter	5,3	53,6	58,9	62,4, also 23,3 Verbrennungswasser.
	Sommer	8,0	53,1	56,1	62,0, also 18,1 Verbrennungswasser.
Kohlenstoff	Winter	4,2	4,1	8,3	91,7
	Sommer	3,4	5,2	8,6	91,4
Wasserstoff	Winter	4,2	5,2	9,4	90,6
	Sommer	3,0	6,5	9,5	90,5
Stickstoff .	Winter	10,0	38,9	48,9	51,1
	Sommer	6,1	46,2	52,3	47,7
Sauerstoff .	Winter	3,4	3,0	6,4	93,6
	Sommer	2,9	3,8	6,7	93,3

Man findet hier bestätigt, dass die Perspiration mehr Wasser als der Harn und selbst die Gesammtsumme der merklichen Entleerungen unter regelrechten Verhältnissen entfernt. $^9/_{10}$ des Kohlenstoffs, des Wasserstoffs und des Sauerstoffs der Nahrungsmittel treten in der Lungen- und der Hautausdünstung und zwar vorzugsweise als Kohlensäure und Wasser aus. Dass

die Perspiration mehr Stickstoff entlasse, als in den merklichen Entleerungen davongeht, hat wenig Wahrscheinlichkeit für sich. Die Differenz rührt vermuthlich von dem Ammoniak und vor Allem von den Beobachtungsfehlern her. Die angegebenen Quantitäten des Verbrennungswassers haben ebenfalls keine Sicherheit aus den schon §. 1348 angeführten Gründen.

Elementaranalytische Bestandtheile der Einnahmen und der Ausgaben.

§. 1352. Die Nahrung, welche Barral in seiner im Winter angestellten Versuchsreihe genossen hatte, bestand aus Fleisch, Kartoffeln, Gemüse, Brot, Milch, Käse, Zucker, Wein und Branntwein. Es versteht sich von selbst, dass sich die Bestimmungsfehler beträchtlich häufen müssen, wenn man Proben so vieler Körper einzeln elementaranalysirt und hiernach die Gesammtsumme der einfachen Stoffe der Nahrungsmittel zu berechnen sucht. Vergleicht man die mittleren Procentwerthe dieser sensiblen Einnahmen mit denen der merklichen Ausgaben, so findet man:

	Procente des			
	Kohlenstoffs.	Wasserstoffs.	Stickstoffs.	Sauerstoffs.
Speise und Trank . .	51,06	7,98	3,90	37,06
Koth	52,09	7,92	9,56	30,43
Harn	40,90	8,20	29,30	21,60

Man sieht hieraus, dass sich der Koth durch einen grösseren procentigen Kohlenstoff- und der Harn durch einen grösseren relativen Werth des Stickstoffs auszeichnete.

§. 1353. Bidder und Schmidt haben eine ähnliche und zum Theil noch ausführlichere Berechnung für eine 8 Tage lang mit Fleisch, Fett und Wasser genährte Katze angestellt. Ihre Endzahlen lauten:

Für 1 Kilogr. Katze in 24 Stunden.		In Grm. ausgedrückte Mengen						
		Wasser.	Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Stickstoff.	Sauerstoff.	Schwefel.	Phosphorsäure.
Einnahmen	108,76 Grm. fetthaltiges Fleisch	75,52	18,80	2,59	3,95	6,36	0,24	0,42
	26,22 Grm Wasser . .	26,22	—	—	—	—	—	—
	29,48 Grm Sauerstoff .	—	—	—	—	29,48	—	—
	Summe der Einnahmen	101,74	18,80	2,59	3,95	35,84	0,24	0,42
Ausgaben	91,036 Grm. Harn . . .	82,11	1,53	0,51	3,58	2,21	0,11	0,32
	2,78 Grm. Koth	1,99	0,29	0,04	0,004	0,14	0,07	0,07
	34,18 Grm. Kohlensäure	—	9,32	—	—	24,85	—	—
	18,13 Grm. Wasserdampf	9,94	—	0,91	—	7,28	—	—
Rest im Körper	18,35 Grm.	7,70	7,66	1,13	0,37	1,36	0,07	0,03

Man sieht, dass diese für die Katze berechneten Ergebnisse von den für den Menschen von Barral angegebenen Zahlen wesentlich abweichen. Keine so beträchtlichen Stickstoffgrössen blieben für die Perspiration übrig. Der Koth führte hiernach nur sehr unbedeutende Mengen aller Grundstoffe ab.

§. 1354. Eine Reihe äusserer Einflüsse kann die hier in Betracht kommenden Werthe wesentlich ändern. Halten wir uns nur an den Menschen, so wird er weniger Wasser im Harn entleeren, wenn der Koth grössere Quantitäten, z. B. in Durchfällen, abführt oder eine reichlichere Wasserausscheidung an der Haut bei dem Schwitzen oder in höherer Temperatur zum Vorschein kommt (§. 793). Mein stündlicher, auf 1 Kilogr. bezogener Perspirationswerth betrug z. B. in der Ruhe und während des Hungers 0,56 Grm. bei 54 Kilogr. absoluten Körpergewichts. Ging ich dagegen bergauf und bergab und schwitzte dabei auf das Heftigste, so stieg jene Grösse auf 2,46 Grm. oder um das Vierfache. Die Nahrungsverhältnisse, die Regsamkeit der Verdauung, des Kreislaufes, der Muskel- und der Nerventhätigkeit führen ebenfalls häufig zu wesentlichen Veränderungen.

Gewicht der Organe.

§. 1355. Die absoluten und die relativen Gewichte der einzelnen Organe schwanken in hohem Grade mit den Ernährungszuständen und den Lebensaltern. Die Centralgebilde des Nervensystems, das Herz und die Leber entsprechen grösseren Bruchtheilen des Körpergewichtes in dem Neugeborenen als in dem Erwachsenen. Das Skelett und die Muskeln zeigen das umgekehrte Verhältniss. Will man über die Hypertrophie eines Organes urtheilen, so darf man sich nur mit völliger Sicherheit aussprechen, wenn ein gesundes paariges Parallelstück zu Gebote steht. Ist dieses der Natur der Sache nach unmöglich, so können erst beträchtliche positive oder negative Abweichungen von den normalen Mittelwerthen entscheiden. Die Durchschnittszahlen, die man hier zum Grunde legt, werden um so mehr Vertrauen verdienen, je grösser die Menge von Einzelbeobachtungen, auf denen sie fussen, ausfällt.

Man besitzt eine Reihe hierher gehörender Bestimmungen, die von Schwann und Gluge an Hingerichteten, Selbstmördern oder durch Unglücksfälle rasch getödteten Menschen gewonnen und in denen die Körpergewichte berücksichtigt wurden. Ich habe diese Beobachtungen und einige gelegentlich gemachte eigene Wägungen benutzt, um die folgende Uebersichtstabelle zusammenzustellen:

	Mann.		Frau.	
	Mittleres Gewicht in Grm.	Bruchtheil des gleichzeitigen Körpergewichtes	Mittleres Gewicht in Grm.	Bruchtheil des gleichzeitigen Körpergewichtes.
Grosses und kleines Gehirn nebst dem Mittelhirn . .	1350	1/37	1130	1/47
Rückenmark	50	1/1000	40	1/1400
Feuchtes Skelett	—	—	4600	1/12
Muskeln	—	—	22000	2/5
Herz	260	1/200	250	1/214
Lungen	1030	1/51	840	1/65
Leber	1330	1/40	1260	1/42
Bauchspeicheldrüse	70	1/760	80	1/625
Milz	160	1/840	120	1/430
Schilddrüse	15	1/3600	23	1/2325
Nebenniere	7	1/7100	9	1/5900
Niere	300	1/175	230	1/228
Hode	40	1/1300	—	—
Eierstock	—	—	8	1/7140

Gewichtsveränderung bei dem Hungern.

§. 1356. Erhält ein Mensch oder ein Thier unzureichende oder gar keine Nahrungsmittel, so nimmt sein Körpergewicht ab, weil die Ausgaben die Einnahmen überschreiten. Die winterschlafenden Säugethiere liefern bisweilen eine eigenthümliche Ausnahme. Man findet hier, nach Sacc, dass das Körpergewicht der erstarrten Murmelthiere für einige Zeit steigt, um in der Folge zu sinken. Ich erhielt das Gleiche für einzelne Murmelthiere und Igel. Erwachen diese Geschöpfe oder kommen sie in Verhältnisse, welche ihre Athmungsthätigkeit, wenn auch nur in geringem Maasse, erhöhen, so verlieren sie mehr als sie früher gewonnen haben. Ihr Körpergewicht sinkt daher im Laufe des Winterschlafes immer mehr. Die Entleerung von Harn und Koth kann die Abnahme vergrössern.

Gewichtszunahme im Winterschlaf.

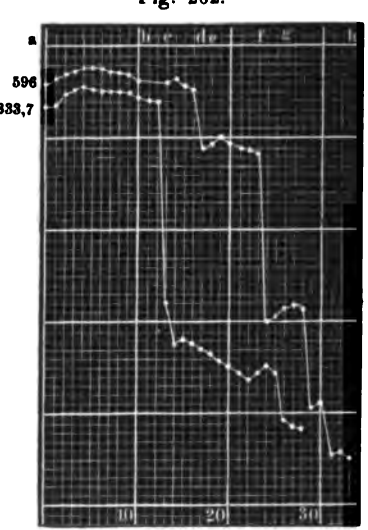
§. 1357. Die erstarrten Murmelthiere verzehren, nach Regnault und Reiset, beträchtliche Mengen von Sauerstoff, während sie wenig Kohlensäure ausscheiden. Liegen sie in der Kälte, so entlassen sie auch nur geringe Mengen von Wasserdämpfen. Nennen wir diese c, die Quantitäten der Kohlensäure b und die des aufgenommenen Sauerstoffs a, so wird das Körpergewicht zunehmen, wenn $a - (c + b)$ eine positive Grösse ist.

§. 1358. Diese von Regnault und Reiset aufgestellte Theorie führt zu dem Schlusse, dass schlafende Murmelthiere, die sich in einer mit Wasserdämpfen fortwährend gesättigten Atmosphäre befinden, an Körpergewicht anhaltend zunehmen müssen. Dieses hat sich in meinen Beobachtungen nicht bestätigt. Ich liess zwei Murmelthiere in Glasbehältern auf Drahtnetzen schlafen, unter denen flache Schalen mit Wasser oder Schwefel-

säure angebracht waren. Ruhten die Thiere in dem ersteren Falle in feuchter Atmosphäre, so nahm ihr Körpergewicht im Anfange eine Zeit lang zu und späterhin ab. Ein Theil des Wachsthums des Körpergewichts kam dabei wahrscheinlich auf Rechnung der hygroskopischen Beschaffenheit der Haare und der übrigen Horngewebe der äusseren Oberfläche.

§. 1359. Fig. 262 kann uns die hierbei vorkommenden Gewichtsschwankungen anschaulich machen. Die obere Curve bezieht sich auf das eine Murmelthier, das 596 Grm. am Anfange der hier in Betracht kommenden Versuchszeit wog, und die untere auf ein zweites, das 833,7 Grm. in dieser Hinsicht darbot. Diese vor dem Beginn der Beobachtungen gefundenen Gewichte sind links angezeigt. Eine Distanz zweier wagerechten Parallellinien entspricht einem Gramm Körpergewicht und eine der senkrechten einem Tage Beobachtungszeit. Das zwischen *a* und *b* liegende Curvenstück bezieht sich auf die Periode, in welcher die Thiere in einer mit Wasserdampf gesättigten Atmosphäre unausgesetzt schliefen. Das Körpergewicht nahm anfangs zu und später ab, ohne dass die Temperaturschwankungen diesen Verhältnissen parallel gingen oder zu wenig Wasser verdunstete. Die langen, bei *c*, *d*, *f* u. s. f. befindlichen Linien sind Fälle, in denen das Thier wach war, ohne Nahrung zu sich zu nehmen. Man sieht, welche grossen Verluste des Körpergewichtes die dann rege gewesene Athmung herbeiführte. Die zwischen *d* und *f* liegenden abfallenden Curvenstücke correspondiren dem Austrocknen der Luft durch Schwefelsäure. Der Schlaf wird übrigens durch alle diese Schwankungen des Feuchtigkeitsgehaltes der Atmosphäre nicht gestört. Ich habe noch einige Tage späterer Beobachtungszeit, in der die Murmelthiere in gewöhnlicher Atmosphäre lagen, hinzugefügt, um anschaulich zu machen, wie hier bisweilen das Körpergewicht steigt und später wiederum geringer wird.

Fig. 262.



Integralverlust.

§. 1360. Wiegt ein Thier zu einer bestimmten Zeit *a* und ist sein Körpergewicht auf *b* nach *n* Zeiteinheiten heruntergegangen, so bildet $a - b = c$ den absoluten und $\frac{c}{a} = d$ den verhältnissmässigen Gesammt- oder Integralverlust der Körpermasse. Nimmt man den Tag als Zeiteinheit, so beträgt der mittlere tägliche absolute Verlust $\frac{c}{n}$ und die durchschnittliche tägliche proportionelle Abnahme $\frac{d}{n}$.

§. 1361. Die Versuche von Chossat führten zu dem Resultate, dass im Allgemeinen ein höheres Thier am Hungertode zu Grunde geht, wenn

sein anfängliches Körpergewicht um $^2/_5$ heruntergegangen ist oder $d = 0{,}4$ beträgt. Kaninchen, Meerschweinchen, Tauben und Hühner gaben im Durchschnitt 0,31 bis 0,42 und Frösche 0,41. Die Einzelwerthe schwanken natürlich in hohem Grade. Sie können zwischen 0,20 und 0,54 liegen. Sie ändern sich schon, je nachdem der Nahrungscanal viel Speisen unmittelbar vor dem Anfange des Hungerns enthalten hatte oder nicht. Die Leistungen der Bewegungsorgane und des Nervensystems, die früher vorhandenen Mengen von Fett und Muskelmassen werden hierbei wesentliche Einflüsse ausüben. Aeltere Geschöpfe können verhältnissmässig mehr als jüngere verlieren. Junge Tauben starben z. B. bei 0,26, solche mittleren Alters bei 0,36 und vollkommen ausgewachsene bei 0,46.

§. 1362. Der tägliche absolute und relative Verlust steht natürlich in umgekehrtem Verhältniss zu n oder zu der Zahl der Tage, die das Hungern ausgehalten wird. Da die Amphibien Monate lang in feuchter Luft ohne Nahrung fortleben, so erreicht ihr täglicher Verlust weit kleinere Werthe als der der Vögel und der Säugethiere. Kaninchen, Meerschweinchen, Hühner, Tauben und andere Hausvögel liefern 0,024 bis 0,112 als mittlere tägliche Verhältnissgrösse. Die gewöhnlichen Zahlen liegen bei 0,04 oder $^1/_{25}$. Eine halbe bis höchstens $2^1/_2$ Wochen reichen hin, den Hungertod herbeizuführen. Frösche, die selbst $^2/_3$ ihrer Körpermasse verloren haben, zeigen nur 0,002 oder $^1/_{500}$ als durchschnittliche tägliche Einbusse. Man darf übrigens nicht übersehen, dass Frösche, die in Wasser und ohne weitere Nahrung aufbewahrt werden, an Körpergewicht durch Wassereinsaugung zunehmen. Lässt man sie auf einem Drahtgestell, unter dem sich Wasser befindet, so gehen sie trotz der fortwährend feuchten Atmosphäre früher zu Grunde.

§. 1363. Wir haben §. 132 gesehen, dass ein Mensch drei Wochen lang ohne Nahrung fortleben kann. Sein verhältnissmässiger täglicher Verlust lässt sich daher auf 0,02 oder $^1/_{50}$ des Körpergewichts anschlagen. Dieser Werth wird im Allgemeinen in der ersten Hälfte der Hungerzeit grösser und in der zweiten kleiner ausfallen. Er erreicht aber in keinem Falle $^1/_{20}$ oder diejenige Grösse, welche die täglichen Mengen von Speise und Trank des gewöhnlich ernährten Menschen in Anspruch nehmen. Wir geniessen daher selbst bei regelmässiger Nahrung mehr als wir bei dem Hungern verlieren. Dieses erklärt sich daraus, dass der Hungernde schon fertige Bestandtheile der Körpergewebe aufzehrt, die Nahrungsmittel dagegen erst mit einem gewissen Verluste in die Körpergewebe übergehen, weil ein Theil ihrer Verbindungen zu diesem Zwecke untauglich ist, ein anderer dagegen nur nach einer Reihe von Zerlegungen in jene Elementartheile verwandelt wird. Jedes normal ernährte Thier muss eine Luxusnahrung, d. h. mehr, als der blosse quantitative Bedarf der unerlässlichen Verluste beträgt, zu seiner Erhaltung aufnehmen. Man kann nicht sagen, dass die typische Nahrung nur derjenigen Menge, die bei dem Hungern für die Zeiteinheit verloren geht, entspricht.

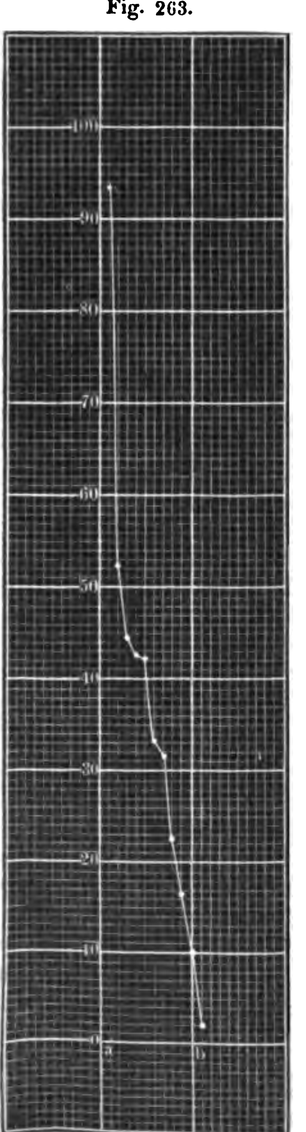
Menge der nöthigen Nahrung.

§. 1364. Chossat, Schuchardt, Bidder und Schmidt suchten die Verlustgrössen, welche die einzelnen Organe der hungernden Geschöpfe erleiden, dadurch zu bestimmen, dass sie die Gewichte derselben mit denen ähnlicher gesunder Thiere verglichen. Obgleich die Verschiedenheit der

Gewichtsverlust der Organe bei dem Verhungern.

Ausbildung, die zufällig mitgewogene Menge von Blut und fremdartigen Geweben, die oft willkürliche Abgrenzung der Organe und die Verdunstung nur ungefähre Werthe gewinnen lässt, so reichen diese doch hin, gewisse Hauptverhältnisse nachzuweisen. Es zeigt sich hierbei durchgehends, dass der grösste Verlust auf das Fett und die Muskeln fällt, während das Gehirn und das Rückenmark trotz ihres Fettreichthums ziemlich beständig bleiben. Das Skelett bietet ebenfalls eine kleinere, die Leber dagegen eine grössere Gewichtsabnahme dar.

Fig. 263.



§. 1365. Tragen wir uns die mittleren Procentwerthe, welche die einzelnen Hauptorgane verlieren, nach den Erfahrungen, die Chossat für zehn Tauben gewonnen hat, graphisch ein, so erhalten wir die Fig. 263 gegebene Darstellung, wenn wir uns auf die sichereren Grössen beschränken. Wir haben von 0 bis 100 die Procente der gleichen Masse, auf die sich je ein Punkt innerhalb eines senkrechten Parallelstriches bezieht. Schreiten wir von *a* nach *b* fort, so bedeuten die den senkrechten Strichen angehörenden Punkte der Reihe nach: Fett, Leber, Herz, Gedärme, willkürliche Muskeln, Haut, Nieren, Athmungsorgane, Knochen, Augen und centrales Nervensystem. Obgleich die Muskeln kleinere Procentwerthe als die Leber darbieten, so liefern sie doch absolut höhere Verlustgrössen ihrer beträchtlicheren Masse wegen.

§. 1366. Bidder und Schmidt, die eine trächtige Katze verhungern liessen, schliessen aus den von ihnen berechneten Zahlen, dass die tägliche Menge von Kohlenstoff, der in der Form der Kohlensäure davongeht, in der ersten Hälfte der Hungerzeit gleich bleibt. Der Harn vermindert sich anfangs verhältnissmässig schnell. Er ist später dem Gesammtverluste des Körpers proportional und nimmt endlich einige Tage vor dem Tode rasch ab. Seine saure Reaction verstärkt sich allmälig. Die Schwefel- und Phosphorsäureverbindungen vergrössern sich, während die Chlormetalle frühzeitig schwinden. Die mit dem Koth austretenden Gallenstoffe nehmen stetig zu. Wasseraufnahme führt zu einer reichlicheren Harnquantität. Die ausgeathmeten Wasserdämpfe sinken rascher als die Kohlensäure der Perspiration. Die indirect bestimmten Sauerstoffmengen (§. 1348) gehen zuerst schneller, dann stetiger und endlich kurz vor dem Tode sehr rasch hinab.

Entziehung der Getränke.

§. 1367. Falk und Scheffer[38]) verfolgten die Veränderungen, welche die blosse Entziehung des Trinkwassers in Hunden erzeugte. Der Durst steigt hier, wie im Menschen, so sehr, dass selbst der Genuss des Harnes nicht verschmäht wird. Die Thiere verzehren später nicht mehr die trockenen Speisen. Sie liefern geringere Quantitäten dichterer merklicher Entleerungen, magern ab, werden kälter und gehen endlich unter Erstickungserscheinungen zu Grunde.

§. 1368. Die tägliche Urinmenge sank in einer Woche um mehr als das Acht- und selbst um das Zwölffache. Die Muskeln, die Haut und das Fett boten die stärksten Werthe der Gewichtsabnahme dar, während wiederum die Minima den Augen und dem centralen Nervensystem zufielen. Die grössten Procentverluste des Wassergehaltes (5,3 bis 11,9 %) kommen den Knochen und Bändern, den Athmungswerkzeugen, der Zunge und der Haut, der kleinste (0,04 %) dem Gehirn zu.

Unpassende Nahrung.

§. 1369. Schuchardt bemühte sich, die Einflüsse, welche eine unzureichende Nahrung auf Tauben ausübte, zu verfolgen. Stellt man die Endwerthe, zu denen er gelangte, übersichtlich zusammen, so hat man:

Nebenbedingungen.	Mittleres anfängliches Körpergewicht in Grm.	Lebensdauer in Tagen.	Verhältnissmässiger	
			Gesammtverlust.	täglicher Verlust.
Vollkommene Entziehung der Nahrungsmittel . .	290,0	5,28	0,342	0,066
Ernährung mit Gerste. Vollständige Entziehung des Trinkwassers . . .	320,1	10,96	0,439	0,040
Erhaltung mit 97,5 % wässerigem Hühnereiweiss und 2,5 % Mineralkörpern	337,4	7,58	0,335	0,046
Ernährung mit 29,5 % Stärke, 1 % Gummi, 2 % Zucker, 2,5 % Oel, 1,3 % Mineralkörpern und 63,7 % Wasser . .	357,0	21,19	0,304	0,015

Man sieht hieraus, dass der verhältnissmässige Gesammtverlust bei der Inanition, die durch unzweckmässige Nahrung zu Stande kommt, ungefähr eben so gross als bei dem Verhungern ausfällt. Die proportionellen täglichen Gewichtsabnahmen sinken weniger, weil noch ein Theil von passenden Verbindungen eingeführt wird. Da ihre Grösse in umgekehrtem Verhältniss zur Ersatzfähigkeit der Nahrungsmittel steht, so erklären sich hieraus die geringen Werthe, welche die Erhaltung mit Kohlenhydraten darbot. Die reichlichen Kohlensäuremengen der Perspiration konnten hier vollständiger gedeckt werden.

Gewichtsverlust der Winterschläfer.

§. 1370. Die eigenthümlichen Verhältnisse der Winterschläfer machen eine lange Enthaltsamkeit unschädlich. Die Murmelthiere z. B. schlafen beinahe ein halbes Jahr. Wachen sie in der Zwischenzeit auf, so pflegen

[illegible]

[illegible]

[illegible] ... Sie erwachen sie ... [illegible]

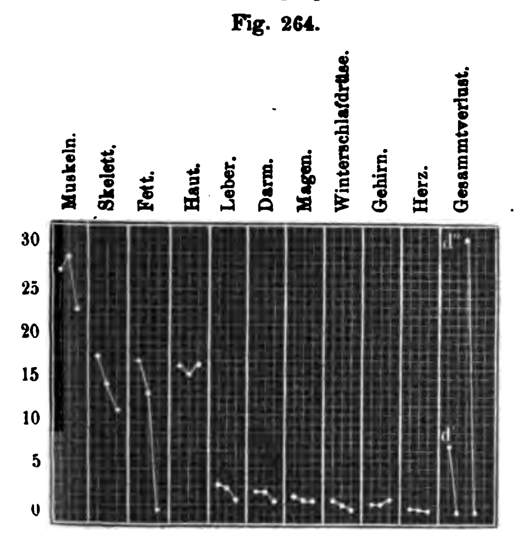
[illegible]

No.	Dauer des Winterschlafes in Tagen	Körpergewicht in Grm. am Anfange	Körpergewicht in Grm. am Ende	Verhältnissmässiger Verlust absoluter	Verhältnissmässiger Verlust mittlerer täglicher
1	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	0,005
2	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	0,002
[illegible]	144	[illegible]	44	[illegible]	0,002
4	151	944	[illegible]	0,34	0,002
[illegible]	144	[illegible]	[illegible]	0,35	0,002

Man ersieht hieraus, dass der Gesammtverlust den mittleren absoluten Integralverlust des verhungerten Thieres trotz der fünfmonatlichen Enthaltsamkeit nicht erreichte. Es hängt hiermit zusammen, dass Thiere, die alle Nahrung im Winter während des temporären Erwachens verschmähten, Wasser und Heu im Frühjahr zu sich nehmen und später an kalten Tagen von Neuem erstarren. Die lange Dauer des Winterschlafes erklärt es, weshalb der tägliche Verlust nur eben so viel beträgt als der eines Frosches, den man ohne weitere Nahrung in Wasser aufbewahrt.

§. 1373. Der Verlust, den die einzelnen Organe erleiden, gestaltet sich in eigenthümlicher Weise. Er weicht von dem der hungernden Thiere wesentlich ab. Ich habe die Verhältnisse von zehn der wichtigsten Körpergebilden in Fig. 264 graphisch verzeichnet. Jede Columne enthält drei Punkte der Curve, die sich sämmtlich auf die Procentwerthe beziehen, welche der darüber geschriebene Theil von dem ursprünglichen Körpergewichte an dem Anfange des Winterschlafes darbot. Der erste Punkt betrifft ein Murmelthier, das mit Beginn des Winterschlafes, der zweite ein anderes, das etwas vor der Mitte, und der dritte ein solches, das nach fünf monatlichem Winterschlafe untersucht worden.

Fig. 264.



Das Fett schwindet fast gänzlich, während die Muskeln verhältnissmässig wenig abnehmen. Der Gewichtsverlust der Skelettgebilde rührt wahrscheinlich zum Theil von verschwundenem Fette her. Die Leber und die Winterschlafdrüse verkleinern sich um eine merkliche Grösse, während das Gehirn, das Rückenmark und das Herz constant bleiben.

Stoffbewegung.

§. 1374. Chemische Ernährungserscheinungen. — Die merklichen und die unmerklichen Einnahmen und Ausgaben liefern einen unvollkommenen Ausdruck der Stoffbewegung des lebenden Thieres. Eine mindestens eben so grosse Menge von Verbindungen, als wir in Speise und Trank erhalten, wandert in der gleichen Zeiteinheit von einem Organe zum anderen. Das Blut bildet die allgemeine Durchgangsbahn aller dieser Strömungen. Es empfängt den gelösten Körper der Nahrungsmittel und giebt ein gleiches oder ungleiches Aequivalent für die Endausgaben, die Perspiration, den Harn, den Koth, die Hautabschuppung. Ein grosser Theil der Verbindungen, die es durch die Ausschwitzungsproducte der Ernährungsflüssigkeit und die Absonderungen verloren hat, wird ihm durch die unmittelbare Einsaugung und die Lymphe wiedererstattet. Der Saftumsatz greift mit solcher Schnelligkeit durch, dass die Gewichtssumme der wandernden Stoffe die der Blutmasse binnen Kurzem erreicht.

Wiegt z. B. mein Körper 54 Kilogr., so kann man dessen Blutmenge zu 10,8 Kilogr. anschlagen (§. 583). Die merklichen und unmerklichen Entleerungen gleichen aber 3,7 Kilogr. für 24 Stunden, während der Koth, der noch eine gewisse Menge ungelöster Nahrungsreste einschliesst, nur 0,2 Kilogr. in Anspruch nimmt (§. 316). Das Gewicht der täglichen Durchgangskörper würde daher beinahe $^1/_3$ der Blutmasse betragen, wenn die innere Wanderung der Verbindungen nicht vorhanden wäre. Die Summe der Lymphe und der abgeschiedenen und wieder eingesogenen Bestandtheile

der Thränen, des Mund- und des Bauchspeichels, der Galle, des Darmschleimes müssen den Werth der Umlaufsgrössen beträchtlich erhöhen.

Wirkung der Nahrungsmittel.

§. 1375. Die physikalischen und die chemischen Merkmale entscheiden nicht ausschliesslich über den Ernährungswerth der Einnahmen. Andere Bedingungsglieder, die in dem Organismus selbst liegen, bestimmen erst den Enderfolg. Die Aneignungsfähigkeit und der Bedarf richten sich nach den momentanen Körperthätigkeiten. Beide variiren mit der ursprünglichen Organisation, der Entwicklungszeit und den Aussenverhältnissen. Die Zerlegungen einer eingeführten Verbindung können unter diesen Verhältnissen ebenfalls wechseln. Ihre Wirkung hängt dann nicht bloss von ihrer Beschaffenheit, sondern auch von den Laboratorien, in denen, und den Stoffen, mit welchen sie verarbeitet wird, ab. Sie entscheiden es, ob ihre Bestandtheile angenommen werden oder nicht, ob ihre Producte verloren gegangene Gewebmassen ersetzen oder in die Endausgaben übertreten, ob sie indifferent den Körper durchläuft oder Zersetzungen anderer Körper auf ihrem Zwischenwege bedingt und Substanzen, die sonst verblieben wären, zum Austritte zwingt. Jedes Bemühen, allgemeine chemische Merkmale einer Classification der Nützlichkeit der Nahrungsmittel zum Zwecke zu legen, schliesst einen logischen Widerspruch in sich. Jene Eigenschaften können höchstens andeuten, wie sich die Beziehungen zu einem gegebenen Geschöpfe unter den gewöhnlichen Bedingungen in der Mehrzahl der Fälle gestalten werden.

Form der Einnahmen.

§. 1376. Die Einnahmen müssen alle Verbindungen, welche die Körperthätigkeiten unbrauchbar gemacht und die Entleerungen fortgeführt haben, ersetzen. Ein blosses Aequivalent einfacher Stoffe oder beliebiger Verbindungen derselben genügt nicht, weil die für den Körper nöthigen Ergänzungsmassen nur aus einer beschränkten Zahl von organischen Substanzen erzeugt werden. Die elementaranalytischen Zahlen entscheiden daher nicht über den Ernährungswerth der organischen Zufuhrsubstanzen. Alle Berechnungen, die man nach ihnen anstellt, vernachlässigen die feineren Nebenverhältnisse, von denen der Hauptentscheid der Verwerthung abhängt.

Relative Mengen.

§. 1377. Die relativen Mengen der einzelnen nöthigen Ersatzkörper richten sich nach den Verhältnissquantitäten des Umsatzes und der Ausscheidungen. Das Thier braucht weniger unorganische als organische Bestandtheile der Nahrungsmittel, weil ein ähnliches Missverhältniss in seinen Körpergeweben besteht und die an Aschenelementen reicheren Gebilde, wie die Knochen und die Zähne, eine geringere Umsatzgeschwindigkeit darbieten. Die Bedürfnisse der einzelnen unorganischen Körper richten sich nach dem gleichen Maassstabe. Die Kieselsäure fordert deshalb eine kleinere Zufuhrgrösse, als die phosphorsaure Talkerde, und diese wiederum eine geringere, als die phosphorsauren Alkalien und das Kalkphosphat. Da die Entleerungen bedeutendere Mengen von Wasser, als von festen Stoffen abführen, so müssen wir auch die Nahrungsmittel gelöst oder im Quellungszustande aufnehmen und die Getränke zur Ausgleichung hinzufügen.

Ausschliesslicher Genuss von Eiweisskörpern.

§. 1378. Die ausschliessliche Einfuhr stickstoff- und aschenloser Körper kann die Ausgaben in keinem Falle ersetzen, weil die Entleerungen stickstoffhaltige und unorganische Verbindungen fortwährend entfernen. Da die Eiweisskörper zu den quaternären Substanzen gehören (§. 117) und Natron, Kochsalz, phosphorsaure Kalkerde und andere Salze als inte-

grirende Bestandtheile führen oder nebenbei einschliessen, so sollte man auf den ersten Blick glauben, dass eine hinreichende ausschliessliche Zufuhr derselben den Bedürfnissen des Organismus genügen würde. Die Erfahrung lehrt aber das Gegentheil (§. 133). Die Theorie kann den allgemeinen Grund der Erscheinung andeuten.

Nehmen wir den Menschen als Beispiel, so beträgt für ihn die mittlere Gesammtsumme des in den Entleerungen davongehenden Kohlenstoffes ungefähr das 13fache des Stickstoffes. Lassen wir die Einflüsse der Verdauungserscheinungen unbeachtet, so kann die Milch (§. 75) das Gleichgewicht herstellen, weil ihr fester Rückstand 4,4 % Stickstoff auf 57 % Kohlenstoff führt oder eine Proportion wie 1 : 12,9 darbietet. Eiweiss (§. 117) dagegen giebt 1 : 3,4. Wird nur so viel eingeführt, dass der Stickstoffbedarf gedeckt bleibt, so ist zu wenig Kohlenstoff vorhanden. Lässt man die Mengen bis zur nöthigen Kohlenstoffgrösse wachsen, so wird die Grenze der Aufnahmsfähigkeit überschritten. Der Organismus muss daher wiederum, wie ein Hungernder, von seiner eigenen Körpermasse zehren.

Kohlenstoffreiche Ersatzmittel.

§. 1379. Die bedeutenden Kohlenstoffmengen, welche die Perspiration entfernt, fordern relativ kohlenstoffreiche Ersatzmittel. Sie müssen zum Theil leicht in Kohlensäure und Wasser unter dem Einflusse des eingeathmeten Sauerstoffes übergehen (§. 49), oder diejenigen Körper, welche jene binären Verbindungen liefern, unter den von dem Organismus dargebotenen Bedingungen herstellen. Die Kohlenhydrate und die neutralen Fette, die wir den eiweisshaltigen Nahrungsstoffen zusetzen, dienen auf diese Weise als Verbesserungsmittel. Die Mischung erhält hierdurch genügendere Ernährungskräfte.

Mischung von Eiweiss und Fett.

§. 1380. Soll der Stickstoffgehalt einer Mischung von Eiweiss (C = 53,48 %, H = 7,17 %, N = 15,73 %, O = 23,62 %) und einem neutralen Fette, z. B. ausgelassenem Rindsfett (C = 78,0 %, H = 11,4 % und O = 10,6 %), $^1/_{13}$ des Kohlenstoffes gleichen, so müssen 1,94 Gewichtstheile Fett auf einen Gewichtstheil Eiweiss kommen. Da das Eiweiss nur bei einem grossen Wassergehalte verdaut und aufgenommen wird, so muss die aufgequollene oder gelöste Eiweissmasse, die man in der Wirklichkeit zu gebrauchen hat, beträchtlich grösser ausfallen. Das Eiweiss unbebrüteter Hühnereier führt z. B. 72,5 % Wasser. Ein Zusatz von 1,12 Gewichtstheilen Fett zu einem Theile dieser Eiweissmasse würde daher jene Proportion herstellen. Man sieht hieraus, welche bedeutenden Beimengungen von Fett die reichlichen Kohlensäuremassen der Perspiration nöthig machen.

Kohlensäuremengen der Kohlenhydrate und der Fette.

§. 1381. Die neutralen Fette (§. 103) setzen eine reichliche Zufuhr von Sauerstoff voraus, wenn sich ihre grosse Menge von Kohlenstoff in Kohlensäure, und ihr Wasserstoff in Wasser verwandeln soll. Sie liefern dafür bedeutende Quantitäten von Kohlensäure. Da die Kohlenhydrate (§. 92) schon so viel Sauerstoff besitzen, als zur Oxydation ihres Wasserstoffes zu Wasser nöthig ist, so brauchen sie nur so viel Sauerstoff, als ihre verhältnissmässig geringere Kohlenstoffmenge zur Bildung von Kohlensäure verlangt. Sie geben aber dann kleinere Quantitäten Kohlensäure. Der nöthige Sauerstoff verhält sich zur gebildeten Kohlensäure, wie 1 : 1,48 für das ausgelassene Rindsfett und wie 1 : 1,33 für den wasserfreien Traubenzucker. 100 Theile jenes Fettes fordern eine Zufuhr von 182,9 Theilen neuen Sauer-

stoffes, während dieser Werth auf 122,37 für den Traubenzucker heruntergeht. Steht weniger Sauerstoff zu Gebote und reicht eine geringere Kohlensäuremenge für die Bedürfnisse hin, so wird auch ein Kohlenhydrat ein zweckmässigeres Verbesserungsmittel, als ein Fett liefern, wenn beide in gleichem Maasse aufgenommen und verarbeitet werden.

Stärkemehlnahrung.

§. 1382. Geht man wieder von dem Gesichtspunkte aus, dass sich der Stickstoff zu dem Kohlenstoffe wie 1 : 13 verhalten soll, so muss man einen Theil Eiweiss mit 3,4 Stärke vermischen, um ein Aequivalent von einem Theile Eiweiss und 1,94 Fett zu erhalten. Dieser Umstand erklärt schon zum Theil, weshalb die Pflanzenfresser mehr Nahrung als die Fleischfresser für die gleiche Zeiteinheit aufnehmen. Wir haben in der Verdauungslehre (§. 36) gesehen, dass noch andere Bedingungsglieder zur Erhöhung des Missverhältnisses beitragen.

Mischung von Eiweiss mit Stärke und Fett.

§. 1383. Hat man eine Mischung von Stärke und Fett als Verbesserungsmittel der Eiweisskörper gebraucht, so werden die zur vollständigen Verbrennung nothwendigen Sauerstoff- und die gelieferten Kohlensäuremengen grösser, als bei blossem Stärkezusatz, und kleiner, als bei der ausschliesslichen Beimischung von Fett unter sonst gleichen Verhältnissen ausfallen. Ein gegebenes Verhältniss des Stickstoffes und des Kohlenstoffes kann durch die verschiedensten relativen Mengen jener beiden stickstofflosen Zusätze hergestellt werden.

Elementarbestandtheile der Nahrung.

§. 1384. Die Gesammtsumme der elementaranalytischen Bestandtheile der Nahrungsmittel wechselt in dem gleichen Geschöpfe selbst in kurzen Zeiträumen. Dieses und die Analysenfehler (§. 53) bedingen, dass die hier zu gewinnenden Durchschnittswerthe beträchtliche Irrungsquellen besitzen. Wir wollen dessenungeachtet die Mittelzahlen einer Reihe hierher gehörender Bestimmungen berechnen, weil sie über einige Hauptverhältnisse trotz ihrer Mangelhaftigkeit Aufschluss geben. Die den Menschen betreffenden Nahrungsmittel sind schon §. 1352 angeführt worden. Die Katze wurde mit Fleisch und Fett, das Pferd und die Kuh mit Heu, die Taube mit Hirse und der Hahn und die Henne mit Körnern genährt. Es fand sich hiernach:

Geschöpf.	Alter in Jahren.	Körpergewicht in Kilogr.	Die Gesammtmasse der organischen Bestandtheile der Nahrung. Absolute Mengen in Grm.				Die organischen Theile der Nahrung = 100.				Verhältniss des Stickstoffes zum Kohlenstoff.	Beobachter.
			Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Stickstoff.	Sauerstoff.	Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Stickstoff.	Sauerstoff.		
Mensch	29	47,5	366,2	57,3	28,0	265,7	51,06	7,99	3,90	37,05	1 : 13,08	Barral.
Mensch	29	47,5	264,9	42,8	21,2	191,4	50,94	8,23	4,08	36,75	1 : 12,5	Barral.
Mensch	6 (Knabe)	15	154,3	23,8	7,9	129,8	48,86	7,54	2,50	41,10	1 : 19,5	Barral.
Mensch	59	58,7	331,8	49,3	27,3	265,1	49,26	7,32	4,05	39,37	1 : 12,2	Barral.
Mensch	32 (Frau)	61,2	292,8	45,1	22,4	213,2	51,06	7,86	3,90	37,18	1 : 13,1	Barral.
Trächtige Katze	—	2,2 bis 2,6	327,4	45,2	68,8	110,7	59,32	8,18	12,43	20,07	1 : 4,8	Bidder u. Schmidt.
Pferd	—	—	3938,1	446,5	139,4	3209,2	50,93	5,77	1,81	41,49	1 : 28,1	Boussingault.
Milchgebende Kuh	—	—	4813,4	595,5	201,5	4084,6	49,90	6,18	2,09	41,83	1 : 23,9	Boussingault.
Taube	—	186,3 bis 188,0	6,08	0,83	0,43	5,50	47,30	6,46	3,38	42,86	1 : 14,0	Boussingault.
Hahn und Henne	—	1562,9	30,22	4,31	1,52	26,78	48,10	6,86	2,42	42,62	1 : 19,9	Sacc.

Das gegenseitige Verhältniss des Stickstoffes und des Kohlenstoffes hielt sich in erwachsenen Menschen nahe an 1 : 13, wie es §. 1378 angegeben worden. Der Knabe dagegen nahm reichlichere Kohlenstoffmengen ein, weil er verhältnissmässig mehr Kohlensäure ausschied (§. 772). Die Fleischnahrung der Katze erhöhte natürlich den relativen Werth des Stickstoffes, während die stärkemehlreichen Speisen der pflanzenfressenden Säugethiere und Vögel eine verhältnissmässig grössere Menge von Kohlenstoff einführen.

Die Procente des Kohlenstoffes und des Wasserstoffes nähern sich in allen diesen verschiedenen Erhaltungsarten denen der Eiweisskörper (§. 117). während die des Stickstoffes um so mehr abweichen, je mehr stickstofflose Verbindungen als Verbesserungsmittel nebenbei vorhanden sind.

§. 1385. Die Analysen der Nahrungsmittel und der in ihnen auftretenden organischen Hauptverbindungen lieferten meistentheils kein wahres Bild ihrer Zusammensetzung, weil in der Regel Gemenge untersucht worden und die Bestimmungen des Schwefels, des Phosphors und der feuerfesten Salze beträchtliche Fehlerbreiten gestatteten. Die Bestandtheile zusammengesetzter Speisen, wie des Brotes, der Kartoffeln, des Fleisches, werden auch häufig merklich wechseln. Obgleich diese Uebelstände alle zu specielle Schlussfolgerungen wesentlich hindern, so eignen sich doch die bis jetzt erhaltenen Werthe, einen allgemeinen Ueberblick über die Natur der mannigfachen Nahrungsmassen zu liefern. Es ergab sich:

	Wassergehalt der frischen Masse in Procenten.	Procentmengen des festen Rückstandes.							
		Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Stickstoff.	Sauerstoff.	Schwefel.	Phosphor.	Phosphorsaurer Kalk.	Asche.
Stärkemehl . . .	—	44,44	6,18	—	49,38	—	—	—	—
Kartoffeln . . .	75,0	44,10	5,80	1,5	43,60	—	—	—	5,0
Kleber	—	54,84	7,05	15,71	21,80	0,60	—	—	—
Brot	45,0	45,09	6,54	0,18	44,94	—	—	—	3,25
Rohrzucker . .	0,60	44,38	6,41	—	49,21	—	—	—	—
Legumin . . .	—	50,59	6,83	16,54	25,57	0,47	—	—	—
Eiweiss	—	53,5	7,0	15,5	22,0	1,6	0,4	1,6	—
Faserstoff . . .	—	52,7	6,9	15,4	23,4	1,2	0,3	1,7	—
Käsestoff . . .	—	54,67	7,46	15,72	21,65	0,85	—	6,0	—
Globulin . . .	—	54,2	7,1	16,5	21,0	1,2	—	0,24	—
Schweineschmalz	2,4	78,8	12,2	0,5	8,5	—	—	—	Spur.
Ochsenblut . . .	—	51,83	7,57	15,01	21,36	—	—	—	4,23
Rindfleisch . . .	75,9	51,95	7,17	15,07	21,39	—	—	—	4,22
Syntonin . . .	—	54,46	7,27	15,84	21,23	1,2	—	—	1,4
Glutin	—	50,76	7,15	18,32	23,77	0,13	—	—	—
Kuhmilch . . .	86,41	54,60	8,60	4,00	27,90	—	—	—	4,90

§. 1386. Man hat hier vier Hauptgruppen. Die erste umfasst die Kohlenhydrate und die an ihnen reichen Körper, wie Stärkemehl, Rohrzucker, Kartoffeln und Brot, die zweite die Eiweissmassen und die ihnen verwandten Gebilde, mithin Kleber, Legumin, Eiweiss, Faserstoff, Käsestoff, Blut, Fleisch, Syntonin und zum Theil Glutin, die dritte die natürlichen Fettmassen, für die das Hammeltalg einen Beleg liefert, endlich die vierte die Milch, die sich durch ihren Kohlenstoffgehalt den Eiweisskörpern nähert. Ihre geringe Stickstoffmenge verräth schon ihre Fähigkeit, als passendes gemischtes Nahrungsmittel dienen zu können (§. 1378).

Hauptgruppen der Nahrungskörper.

§. 1387. Die Versuche, die elementaranalytischen Werthe oder die entferntere chemische Eigenschaft überhaupt als Maass der Wirkungsgrösse der Einnahmen anzusehen, konnten nicht zum Ziele führen, weil nur die nächsten chemischen Eigenthümlichkeiten entscheidend eingreifen (§. 1376). Man hat die mannigfachsten Irrwege betreten, weil man diese Wahrheit unbeachtet liess.

§. 1388. Da die meisten thierischen Gewebe aus stickstoffhaltigen Verbindungen bestehen und nur durch die Aneignung stickstoffreicher Körper wachsen, so glaubte man die Nahrungsfähigkeit einer Einfuhrsmasse nach dem Stickstoffgehalte derselben bestimmen zu können. Die Scalen der Nahrungskräfte, die man nach diesem Grundsatze entwarf, widersprachen den Erfahrungsresultaten auf jedem Schritte. Obgleich die Kuhmilch nur 3,8 % ihres festen Rückstandes an Stickstoff enthält, so ist sie doch nahrhafter als ein Aequivalent von Häringfleisch, dessen entsprechender Stickstoffwerth 14,5 % beträgt. Das gesottene Rindfleisch, das 15 %, und die Rindsleber, die 10,7 % Stickstoff führt, sind deshalb nicht nahrhafter als das Eigelb, das nur 4,9 % besitzt. Die verhältnissmässig stickstoffreichen Pilze (3,2 bis 4,6 %) lassen sich mit Milch oder Eigelb nicht im Entferntesten vergleichen. Die Hornmassen und die Leimarten, die mehr Stickstoff als das Eiweiss enthalten, stehen diesem an Ernährungskraft bedeutend nach. Der stickstoffreichste Körper der organischen Chemie, der Harnstoff ($C_2 H_4 N_2 O_2$), kann nicht zu den Nahrungsmitteln gerechnet werden.

Stickstoffgehalt der Nahrungsmittel.

§. 1389. Es beruhte auf einem Irrthume, als man die Auswahl des Kaffee und des Thee mit dem Stickstoffgehalte des Caffeïn oder Theïn in Beziehung brachte oder die Wirkung der Stickstoff führenden Pflanzenalkaloide (§. 123) von ihren Stickstoffquantitäten abhängen liess. Diese können in verschiedensten Richtungen merklich schwanken, ohne dass hierdurch über die schädlichen, indifferenten oder nützlichen Wirkungen entschieden wird.

§. 1390. Der Dichtigkeitsgrad einer Masse bestimmt häufig die Grösse der Aneignungsfähigkeit. Der Nahrungswerth der Eiweisskörper steht im Allgemeinen in umgekehrtem Verhältniss zur Trockenheit derselben. Ihre wasserfreien hornartigen Formen werden daher fast gar nicht verwerthet. Die Cellulose kann sich aus demselben Grunde mit dem Stärkemehl nicht messen. Das Horn steht deshalb den weicheren Eiweisskörpern ausserordentlich nach.

Einfluss der Dichtigkeit.

Ernährungswerthe verschiedener Körper.

§. 1391. Substanzen, die ihrer Elementarzusammensetzung nach gleich oder verwandt sind, weichen häufig in ihren Nahrungswerthen beträchtlich ab. Obgleich das Gummi dieselben Aequivalentenzahlen wie das Stärkemehl darbietet (§. 92), so ist doch sein Ernährungswerth sehr klein und in vielen Fällen Null. Man sollte glauben, dass der leicht lösliche Rohrzucker die Stärke als Nahrungsmittel ersetzen könne. Die Erfahrung lehrt aber, dass er ihr in hohem Grade nachsteht. Selbst der Traubenzucker kann sich wahrscheinlich mit der Stärke nicht vollkommen messen, obgleich diese in ihn übergeht, ehe die Einsaugung zu Stande kommt. Feinere Bedingungsglieder des Umsatzes und der Permeabilitäts- und der Diffusionsverhältnisse greifen hierbei wesentlich durch.

§. 1392. Die Körper der Pectinreihe (§. 98) besitzen aus diesen Gründen geringe Nahrungswerthe. Dasselbe kehrt für die Aethylverbindungen (§. 84), zu denen der Weingeist und der Aether gehören, aus anderen Ursachen wieder. Da sie zu Kohlensäure und Wasser verbrennen können, so sollten sie die Stärke oder die Fette zu ersetzen vermögen (§. 1379). Ihre Leistungsfähigkeit fällt aber in dieser Hinsicht kleiner aus, weil sie zum Theil unzerlegt abdunsten und durch ihre Nebenwirkungen, wie die Coagulation der Eiweisskörper oder die Aufnahme der Fette störend eingreifen.

§. 1393. Die Schmelzpunkte und die näheren chemischen Eigenschaften entscheiden über die Nahrungseinflüsse der Fette. Die Ursachen, weshalb die einzelnen Fettkörper der Pflanzen und der Thiere und die eigenthümlichen Fettverbindungen der Nervenmassen ungleiche Erhaltungswerthe besitzen, weshalb manche Fettsäuren (§. 107) giftig wirken können, lässt sich nach dem gegenwärtigen Stande der organischen Chemie nicht angeben.

§. 1394. Dasselbe kehrt für die grosse Reihe von Einnahmen, deren Hauptwirkung von ihrem Gehalte an Eiweiss, Faserstoff, Käsestoff, Globulin, Syntonin herrührt, wieder. Die Dichtigkeit und die nebenbei vorhandenen Aschenbestandtheile genügen nicht, die Ernährungswerthe der hierher gehörenden vegetabilischen Speisen, der Blutarten, der verschiedenen Fleischsorten festzustellen.

§. 1395. Die Annahme, dass das Glutin (§. 119) insofern von Nutzen sei, als es die leimgebenden Thiergewebe erzeugt oder wiederherstellt, ist wahrscheinlich unrichtig. Das Bindegewebe, die Aponeurosen, die Sehnen, die Hornmassen enthalten nicht den Leim, wie wir ihn aus ihnen durch das Kochen mit Wasser darstellen. Die Entwickelungsgeschichte deutet eher darauf hin, dass sie aus veränderten Eiweisskörpern hervorgehen. Ein Hund nimmt, nach Bischoff, an Gewicht ab, wenn man ihn mit Leim, Kartoffeln und Fett zu erhalten sucht.

§. 1396. Viele Bestandtheile der Pflanzen- und der Thiernahrung besitzen geringe Ernährungswerthe, weil der grösste Theil ihrer Masse der Lösung oder der Aufnahme im Darme widersteht. Die Horngewebe, die Knochen, stark verholzte Pflanzentheile liefern hierfür die deutlichsten Belege. Passende Zusätze anderer Körper können aber den Nahrungswerth dieser wie anderer Verbindungen wesentlich ändern.

§. 1397. Man hat mehrfach versucht, die relativen Mengen der stickstoffreichen und der stickstofflosen Verbindungen der vorzüglichsten Einnahmen allgemein festzustellen. Die meisten Analysen gestatten keine scharfe Berechnung der Art. Lassen wir auch dieses bei Seite, so bestimmt erst die Qualität der einzelnen stickstoffhaltigen und sticksofflosen Körper den Ernährungswerth unter gewissen von dem Organismus dargebotenen Verhältnissen. Die Gesammtsummen können daher höchstens in den allgemeinsten Umrissen andeuten, welche Art von Körpern in einer Nahrungsmasse vorherrscht. Der Stärkemehlreichthum der Kartoffeln bewirkt z. B. auf diese Weise, nach Liebig, dass in ihnen 8,6 bis 11,5 Mal so viel stickstofflose als stickstoffhaltige Verbindungen vorkommen. Das Weizenmehl liefert in dieser Hinsicht 4,6, Hafer- und Roggenmehl 5,7, Erbsen 2,8, fettreiches Schaf- oder Schweinefleisch 2,7 bis 3,0, Ochsenfleisch 1,7 und die Milch 4,0 bis 3,0. Die stickstoffhaltigen Körper betragen ungefähr 10 Mal so viel als die stickstofflosen in dem Kalbfleische.

Mischungen stickstoffhaltiger u. stickstoffloser Speisen.

§. 1398. Geht man von der Annahme aus, dass eine Mischung von stickstoffhaltigen und stickstofflosen Verbindungen, wie sie in der Milch (§. 76) gegeben ist, den Zwecken des Organismus entsprechen kann so wird z. B. eine Mengung von einem Theile aufnehmbaren Eiweisses, zwei Theilen Stärke und einem Theile Fett eine passende Nahrung bilden. Ein Stärkemehlüberschuss kann einen Theil des Fettes ersetzen, wenn eine gewisse Menge desselben in Fett verwandelt wird.

§. 1399. Die unorganischen Stoffe der Nahrungsmittel bilden entweder beständige Begleiter oder integrale Bestandtheile organischer, nebenbei vorhandener Körper oder zufällige Beimischungen. Die härteren Pflanzentheile enthalten immer reichliche Mengen von Kieselsäure, von Kali-, Natron-, Kalk- oder Talkverbindungen. Eine gewisse Menge von Schwefel und Phosphor ist in den Eiweisskörpern vorhanden. Natron verbindet sich unmittelbar mit Eiweiss zu einem Natronalbuminat oder mit Globulin. Chlorkalium oder Chlornatrium, die Phosphate der Alkalien oder des Kalks erscheinen ebenfalls als regelmässige Begleiter der Eiweissmassen der Pflanzen oder der Thiere. Das Kochsalz der gesalzenen Speisen, die in dem Trinkwasser gelösten Verbindungen fügen noch eine Reihe variabler unorganischer Stoffe hinzu.

Unorganische Salze.

§. 1400. Der Umsatz der Körpergewebe liefert den Hauptgrund, weshalb die Nahrungsmittel gewisse Mengen unorganischer Verbindungen enthalten müssen. Die Aschenbestandtheile gehen zum Theil unmittelbar oder verändert in dem Harne und theilweise in den Ausscheidungsmassen des Kothes davon. Der hierdurch nothwendig werdende Ersatz wird im Verhältniss zu dem der organischen Massen eben so klein ausfallen als das Verhältniss der Asche zur organischen Substanz der verbrauchten Körpertheile gewesen ist.

§. 1401. Man darf nicht glauben, dass diese Behauptungen nur für den beständigeren ausgebildeten Organismus, nicht aber für den wachsenden Körper des Kindes gelten. Die Verknöcherung des Skelettes schreitet so langsam fort, dass der tägliche Bedarf der Kalksalze eine kleine Grösse beträgt. Enthält auch der Käsestoff der Milch eine bedeutende Quantität phosphorsauren Kalks (§. 76), so geht doch ein Aequivalent des grössten

Theiles von dem, was in den Körper des Säuglings täglich eingeführt wird, in den Entleerungen davon. Ein Minimum eines täglichen Ueberschusses reicht hin, sich zu einer merklichen Gewichtszunahme der Skeletttheile im Laufe von Monaten zu summiren.

Nutzwirkung der Einnahmen.

§. 1402. Die Nutzwirkung der Einnahmen hängt von einer Reihe verschiedener Bedingungsglieder ab. Wir wollen die einzelnen Hauptmomente der Reihe nach betrachten, um dann das Gesammtresultat klarer übersehen zu können.

Specifisches Aufnahmsvermögen.

§. 1403. Eine Flächeneinheit eines Organtheiles nimmt von einer Verbindung mehr als von einer anderen in der Zeiteinheit auf. Die gleichen Flächeneinheiten verschiedener Gebilde weichen aber in dieser Hinsicht unter einander ab. Wir haben schon §. 358 gesehen, dass die Lungenschleimhaut einzelne Gifte leichter als die Innenfläche des Nahrungscanales einsaugen lässt. Ein Quadratcentimeter Lungenschleimhaut verschluckt in der Zeiteinheit mehr Sauerstoff als ein Quadratcentimeter der äusseren Hautfläche, weil sie mehr thätige Blutelemente und wahrscheinlich auch günstigere Porositätsbedingungen enthält. Wir haben daher ein specifisches Absorptionsvermögen jeder constant gedachten Aufnahmsfläche für jeden einzelnen Körper.

§. 1404. Die thätigen Oberflächen besitzen gar kein Absorptionsvermögen für viele der eingeführten Nahrungssubstanzen. Die Verdauung und andere Processe erzeugen erst neue günstigere Combinationen. Die Wirkung dieser des Umsatzes bedürftigen Massen stösst auf grössere Gefahren als die von Verbindungen, die sich ohne weitere Vorbereitungen verwerthen lassen. Die Zerlegung kann Nebenkörper bilden, die einem geringeren Absorptionsvermögen entsprechen. Die Vorbereitung kostet eine gewisse Zeit und setzt zugleich eine gewisse Beschaffenheit der sie anregenden Bedingungsglieder voraus. Es ereignet sich daher häufig genug, dass die Leistungsfähigkeit der Nahrungsmittel, die eine verwickeltere Verdauungswirkung nöthig haben, kleiner ausfällt und beträchtlicher schwankt als die von Verbindungen, die in das Blut unmittelbar übergeführt werden.

§. 1405. Ein drittes Hauptmoment hängt von der Verwendung, die sie im Körper finden, ab. Der Zustand der Gewebtheile, mit denen sie in Berührung kommen, liefert hier einen eigenthümlichen Assimilationscoëfficienten. Der Nutzen, der Schaden und die Indifferenz oder die positive, die negative und die nullgleiche Nutzwirkung wird daher von den Körpergebilden, auf welche die eingesogene Verbindung stösst, wesentlich bestimmt. Eine und dieselbe Substanz, die in dem Blute zugeführt worden, kann den einen Körpertheil erstarken lassen, eine grössere Geschwindigkeit seines Massenverlustes in einem anderen möglich machen und an einem dritten gleichgültig vorübergehen. Die Unsicherheit aller diätetischen Vorschriften erklärt sich aus den verwickelten Bedingungen, welche die Verwendung der Nahrungssubstanzen bestimmen helfen.

Aufnahmswerthe der verschiedenen Körper.

§. 1406. Denken wir uns die Versuchsdauer auf eine gewisse Zeit beschränkt, so wird die thätige Flächeneinheit eine gewisse Menge a eines Körpers aufnehmen. Bleibt ein Rest zurück, so geht dieser nutzlos davon, wenn ihn eine Bewegungserregung am Ende der Versuchszeit fortführt. Wir begegnen diesem Falle häufig genug im lebenden Körper. Wir haben

schon §. 766 gesehen, dass ein Thier nicht mehr Sauerstoff als aus der gewöhnlichen Atmosphäre aufzunehmen braucht, wenn es sich auch in einer sauerstoffreicheren Luftmischung befindet. Ein Ueberschuss von Eiweisskörpern, Stärkemehl, Fetten, die in den Nahrungsmitteln eingeführt werden, geht zum Theil unverdaut in den Excrementen davon (§. 317). Eine Ente nimmt stündlich, nach Boussingault, nur 0,8 Grm. Fett von ihrem Darmcanale aus auf. Dieser Werth beträgt, nach Bidder und Schmidt, 0,6 Grm. in älteren und, wie es scheint, 0,9 Grm. in jüngeren Katzen für ein Kilogramm Körpergewicht und eine Stunde. Der Abschluss der Galle änderte hier die Verhältnisse nicht wesentlich, sei es, dass die von früher zurückgebliebene Galle noch begünstigend wirkte (§. 354) oder andere unbekannte Nebenverhältnisse unterstützend eingriffen. Hunde mit Gallenblasenfisteln (§. 915) dagegen, die man erst mehrere Wochen nach der Operation in dieser Hinsicht prüfte, gaben nur 0,06 bis 0,21 Grm. für jene erwähnten Massen- und Zeiteinheiten.

§. 1407. Der Zucker wird, nach Lehmann und Becker, langsamer eingesogen, als sich nach seiner Löslichkeit in wässerigen Flüssigkeiten erwarten liesse. Sie erhielten im Durchschnitt 4,5 Grm. als den einem Kilogr. Körpergewicht und einer Stunde entsprechenden Aneignungswerth. Die Geschwindigkeit der Aufnahme wächst übrigens mit dem Dichtigkeitsgrade der Zuckerlösung. Da ein Aequivalent Wasser für ein fortgehendes Aequivalent Zucker in den Darm tritt, so erklärt sich, weshalb eine in diesen eingeführte Zuckerlösung mit abnehmender Schnelligkeit eingesogen wird.

§. 1408. Boussingault suchte den Aufnahmswerth verschiedener Nahrungsmassen in Enten zu bestimmen, indem er den Rest, der in dem Darme oder den Excrementen enthalten war, mit den Einnahmen verglich. Sollten sich diese, zahlreichen Irrungsquellen ausgesetzten Studien in späteren Erfahrungen bestätigen, so würden die Eiweisskörper schneller als die Fette, aber bedeutend langsamer als die Kohlenhydrate übergehen, der Leim dagegen sich den letzteren in auffallendem Grade nähern. Eine Ente kann hiernach 0,9 Grm. Speck, 1,3 bis 1,4 Grm. harten Eiweisses, wasserfreien Käsestoffes oder fettlosen gekochten Rindfleisches, 4,4 Grm. trockenen Leimes, 5,18 Grm. einer Mischung von einem Theile Eiweiss und 4,6 Theilen Leim, und 5,3 bis 5,6 Grm. Stärkemehl oder Zucker in der Stunde einsaugen.

§. 1409. Stoffe, die ohne weitere Vorbereitung aufgenommen und in Aequivalenten ausgeschieden werden, durchsetzen oft den Körper mit grosser Geschwindigkeit. Ihre Nutzwirkung braucht deshalb nicht Null zu gleichen, weil die Schnelligkeit ihres Durchganges beträchtlich kleiner als die der chemischen Wechselwirkung ausfällt (§. 347). Das Wasser und viele lösliche Salze der Nahrungsmittel wirken daher in bestimmten Richtungen, wenn auch entsprechende Mengen derselben in dem Harne und in anderen Entleerungen nach kurzer Zeit wiedererscheinen.

Durchgangskörper.

§. 1410. Der Wasserverlust, den die merklichen Ausgaben nach sich ziehen, erklärt die Nothwendigkeit reichlicher wässeriger Ersatzeinnahmen. Die Verhältnisse des Kochsalzes dagegen, das wir den verschiedensten Speisen beimengen, sind bei Weitem dunkler. Die landwirthschaftliche Erfahrung hat längst zu der Ueberzeugung geführt, dass ein

Kochsalz.

Zusatz von Kochsalz die Ernährung der Wiederkäuer fördert. Boussingault fütterte vergleichungsweise Rinder mit und ohne Nahrungsmittel, denen Kochsalz beigemischt worden. Weder das Körpergewicht noch das Fett, die Muskeln oder die Milch nahmen bei der Anwesenheit des Chlornatrium zu. Die Thiere schienen aber unter dem Einflusse des Kochsalzes lebhafter zu werden. Mangelte es, so fielen die Haare leichter aus. Plouviez glaubte an sich und Anderen bemerkt zu haben, dass der reichliche Kochsalzgenuss das Körpergewicht bis zu einem gewissen Maximum erhöht.

§. 1411. Da das Chlornatrium einen steten Begleiter des Eiweisses bildet, so findet man es in allen Gewebtheilen, die Proteïnsubstanzen führen. Die Muskeln enthalten 0,06 %, die Frauenmilch 0,09 %, der Magensaft des Hundes 0,13 %, der Speichel 0,15 %, das Menschenblut 0,42 %, der Schleim 0,58 und die Knochen 1,1 %. Die mit den Nahrungsmitteln eingeführten Kochsalzmengen sind jedenfalls viel grösser als die Aequivalente, die der Umsatz der Körperorgane freimacht. Jeder reichliche Kochsalzgenuss führt zu einer Vermehrung des Kochsalzgehaltes des Harnes. Er sinkt dagegen fast auf Null bei der Inanition oder in einzelnen Krankheiten, wie den Lungenentzündungen (§. 1018).

§. 1412. Man kann aus diesen Thatsachen schliessen, dass das Blut und die übrigen Gewebe eine ihnen nothwendige Menge von Kochsalz hartnäckig zurückbehalten. Wird mehr, als dieser integrirenden Quantität entspricht, eingeführt, so geht bald der Ueberschuss in dem Harne davon. Das auf diese Art durchtretende Chlornatrium besitzt eine gewisse Wirkungsgrösse. Wie es die Fäulniss des Fleisches verzögert, so wird es auch den Stoffumsatz ändern. Die Art, wie dieses geschieht, ist noch völlig unbekannt.

§. 1413. Da es eine eigenthümliche krystallisirbare Verbindung mit dem Traubenzucker [$2 (C_{12} H_{12} O_{12}) . NaCl + 2 HO$] bildet, so glaubte man, dass es hiermit zusammenhänge, wenn wir stärkemehlhaltige Nahrungsmittel mit Kochsalz instinktmässig versetzen. Die blossen Löslichkeitsverhältnisse können hierdurch nicht begünstigt werden. Der Traubenzucker, der aus dem Stärkemehl der Speisen entsteht, löst sich in 1,3 und die Kochsalzzuckerverbindung in 3,7 Mal kalten Wassers. Sollte die Anwesenheit des Kochsalzes die Zuckerbildung erleichtern, so liesse sich das, wozu der Instinct oder die Gewohnheit führt, eher erklären.

§. 1414. Die Beziehungen zu den Eiweisskörpern konnten eben so wenig mit Sicherheit festgestellt werden. Das Kochsalz begünstigt allerdings die künstliche Löslichkeit mancher Albuminarten. Man kann aber in Verdauungsversuchen nicht bemerken, dass Eiweisswürfel oder Fleischmassen wesentlich rascher verarbeitet werden, wenn grössere Mengen von Kochsalz zugesetzt worden. Eine Salzsäurelösung des Syntonins oder des Muskelfaserstoffes wird durch geringe Mengen von Kochsalz niedergeschlagen. Dieses gestattet keinen sicheren Rückschluss auf den lebenden Körper. Es liesse sich hiernach erwarten, dass der reichliche Kochsalzgenuss die Muskelmassen vergrössern würde, während die Erfahrung diesen Satz nicht bestätigt.

§. 1415. Bischoff schliesst aus seinen vergleichenden Beobachtungen, dass ein Hund mehr Harnstoff in seinem Urine entleerte, wenn $1/_{10}$ bis 1/r

Kochsalz der Fleischnahrung beigefügt worden. Das Körpergewicht hatte aber bei dieser Erhaltungsweise abgenommen. Sollte die Vermehrung unter regelrechten Verhältnissen ebenfalls wiederkehren, so würde folgen, dass das Kochsalz die Geschwindigkeit des Umsatzes der Körpertheile vergrössert.

§. 1416. Das Chlornatrium bildet eine leicht lösliche Verbindung mit dem Harnstoff ($C_2H_4N_2O_2 + NaCl + 2HO$). Man hat sich daher bisweilen vorgestellt, dass ein eingeführter Kochsalzüberschuss, der in die Ernährungsflüssigkeit übergeht, den Harnstoff der Organe auswäscht und deshalb den Harnstoffgehalt des Urins vergrössert. Wir werden aber später sehen, dass die Umsatzproducte der Körpertheile, z. B. der Muskeln, keinen Harnstoff enthalten, dass dieser erst nach ihrem Uebertritte in das Blut erzeugt wird. Die Hypothese, dass das Chlor des Kochsalzes für die Säure des Magensaftes und das Natron für die Galle verwendet werden, streitet ebenfalls gegen die Erfahrungsresultate. Der reichliche Kochsalzgenuss macht den Magensaft nicht saurer als andere eingeführte Verbindungen und erhöht auch wahrscheinlich nicht die abgesonderten Gallenmengen in entsprechendem Maasse.

Einnahmen des Blutes.

§. 1417. Der Saftumlauf bedingt es, dass die merklichen und die unmerklichen Körpereinnahmen nur einen Theil der Einnahmen des Blutes bilden. Dieses empfängt nicht nur den bei dem Athmen verzehrten Sauerstoff und die durch die Verdauung angeeigneten Verbindungen der Nahrungsmittel, sondern auch die Lymphe und die wieder eingesogenen Bestandtheile der Absonderungen. Die Einnahmen des Blutes wechseln daher mit den Thätigkeiten. Die Drüsen geben dem Blute zum Theil verarbeitet zurück, was sie früher aus ihm genommen haben. Ihre Wirksamkeit gleicht in dieser Hinsicht der der Lymphbereitung. Die Entziehung der Nahrungsmittel setzt nur die der Zeiteinheit entsprechenden Einnahmen des Blutes herab, indem sie die Körpereinnahmen bis auf den absorbirten Sauerstoff beseitigt.

Bedeutung der Lymphe.

§. 1418. Man kann sich die Verschiedenheit der Lymphe und des Blutes begreiflicher machen, wenn man sich vorstellt, dass die Wände der Saugadern viele der ihnen dargebotenen Körper mit anderen Geschwindigkeiten als die der Blutgefässe durchlassen. Dieses hat zur Folge, dass manche Stoffe in die Lymphe, andere in das Blut und noch andere in beiderlei Flüssigkeiten übergeben. Die hierdurch bedingten Eigenthümlichkeiten jener Fluida unterstützen dann die besondere Beschaffenheit der ferneren Aneignung. Die Zusammensetzung der Lymphe und des Blutes wird aber wieder mit der Beschaffenheit der benachbarten Körpergewebe wechseln. So leicht sich diese allgemeinen Verhältnisse angeben lassen, so sehr hindert die Unvollkommenheit der organischen Chemie alle ins Einzelne gehenden Erläuterungen derselben.

§. 1419. Man kann den mittleren Wassergehalt der Blutflüssigkeit zu 90,5 % und den der Lymphe zu 96,5 % anschlagen. Der grössere Wasserverlust, den das Blut durch die Perspiration und die Absonderungen erleidet, erklärt nur zum Theil diesen bedeutenden Unterschied.

§. 1420. Die Veränderungen, welche die Lymphe in ihrem ferneren Verlaufe und besonders in den Saugaderdrüsen erfährt, liessen sich bis jetzt

nicht genauer erforschen. Man darf mit Recht vermuthen, dass hierbei Umsetzungen oder Stoffcombinationen stattfinden, welche einzelne der aufgenommenen Körper aneignungsfähig machen. Die allmälige Bildung der Lymphkörperchen deutet schon darauf nachdrücklich hin.

§. 1421. Die Lymphe enthält weit weniger Gemengtheile als das Blut. Ihre Grundflüssigkeit scheint beträchtlich wässeriger als die Blutflüssigkeit auszufallen. Ihr Natronalbuminat beträgt nur im Durchschnitt 3,2 %, während man das Eiweiss der Blutflüssigkeit zu 6 bis 8 % anschlagen kann. Die eiweissartigen Bestandtheile der Blutkörperchen vergrössern noch diesen Unterschied, wenn man die Betrachtung auf die gesammte Blutmasse ausdehnt. Der Faserstoff scheint in der Lymphe eine verhältnissmässig reichlichere Menge des festen Rückstandes als im Blute einzunehmen. Man kann 0,4 % aus dem frischen Blute und 0,3 % aus der Lymphe erhalten. Diese führt auch absolut weniger Aschenbestandtheile und vorzugsweise geringere Mengen von neutralen oder verseiften Fetten.

§. 1422. Wir haben §. 327 gesehen, dass die emulsionsartige Vertheilung reichlicher neutraler Fettmassen den Chylus von der Lymphe unterscheidet. Da die Saugadern des Magens oder des Mastdarmes eben so gut Milchsaft als die der dünnen Gedärme aufnehmen können, so folgt, dass nicht eine eigenthümliche Porositätsbeschaffenheit der Wände der Lymphgefässe der Chylusbereitung zum Grunde liegt. Wir werden die Verhältnisse am natürlichsten auffassen, wenn wir uns vorstellen, dass das Blut und die Lymphe Fette einsaugen. Die grössere Alkalescenz der Blutflüssigkeit gestattet eine reichlichere Verseifung. Neutrale, emulsionsartig vertheilte Fettmassen kommen daher nur ausnahmsweise im Blute vor. Die gewöhnliche Lymphe empfängt so wenig Fett, dass sich dieses in ihrer wässerigen Grundflüssigkeit mit Hülfe der Alkalien lösen kann. Tritt ein Ueberschuss durch, so erhält die Mischung das Aussehen des Milchsaftes.

§. 1423. Man kann die durchschnittlichen Gewichtsmengen von Milchsaft und Lymphe, die innerhalb einer Zeiteinheit in das Blut gelangen, nicht bestimmen (§. 396). Der beiderseitige Uebergang in Blut und Lymphe macht es aber möglich, die Grenzen, welche die Einströmungsquantitäten nicht erreichen, anzugeben.

Nehmen 1 Kilogr. Hund oder 200 Grm. Blut (§. 583) 0,6 Grm. Fett in der Stunde auf (§. 1406), so wird die innerhalb dieser Zeit bereitete Chylusmenge den Werth von 27,2 Grm. nicht erreichen, wenn der durchschnittliche Fettgehalt des Milchsaftes 2,2 % beträgt. Sollte es sich durch spätere Versuche bestätigen, dass sich die Aneignungsgrössen des Fettes und des Eiweisses wie 1 : 1,5 verhalten, so würde dieses andeuten, dass verhältnissmässig weniger Eiweiss dem Blute von dem Milchsafte zugeführt wird. Der durchschnittliche Eiweissgehalt des Inhaltes des Milchbrustganges gefütterter Thiere beträgt 3,2 %. Ginge relativ eben so viel Eiweiss als Fett in den Chylus über, so liesse sich ein höherer Eiweissgehalt erwarten, weil die Körperlymphe eine gewisse Eiweissmenge dem Milchbrustgange zuführt (§. 370).

Unterschiede d. einzelnen Blutmassen.

§. 1424. Die unmittelbare Einsaugung der Blutgefässe, die Zufuhr der Lymphe, die Perspiration, die Absonderungen und die Ernährungserscheinungen machen das Blut zu einer variablen Flüssigkeit, deren Be-

schaffenheit mit seinen Aufenthaltsorten wechselt. Die Blutmasse, die sich in der rechten Kammer befindet, wird mehr Wasser und Kohlensäure und weniger Sauerstoff als eine andere, die gleichzeitig in der linken Kammer enthalten ist, führen. Das Venenblut der Nieren muss geringere Mengen von Wasser und Harnstoff als das Arterienblut derselben besitzen. Eine einfache Rechnung lehrt aber, dass diese Differenzen kleiner ausfallen, als man es auf den ersten Blick erwarten dürfte.

Ich athme z. B. 0,263 Grm. Wasserdampf (§. 718) und 0,724 Grm. Kohlensäure (§. 775) in der Minute aus. Treibt jede Kammersystole 125 Grm. Blut fort (§. 611) und rechnen wir 70 Herzschläge auf eine Minute, so verliert 1 Grm. Blut 0,003 % Wasser in den Lungen. Keine Analyse könnte diesen Unterschied quantitativ nachweisen. Der relative Kohlensäureverlust betrüge an und für sich 0,008 %. Er fällt aber in der Wirklichkeit noch kleiner aus, weil der eingeathmete Sauerstoff eine gewisse Menge von Kohlensäure in dem Lungenblute erzeugt.

§. 1425. Die Absonderungswerkzeuge können grössere Unterschiede bei lebhafterer Thätigkeit möglich machen. Habe ich reichliche Wassermengen, die $^1/_{20}$ % festen Rückstandes führen, getrunken, so entleere ich in der ersten Stunde ungefähr 300 Grm. Harn. Lassen wir die festen Stoffe desselben unbeachtet und nehmen 78 % für den gesammten Wassergehalt des Blutes an, so wird das Venenblut der Nieren 2,4 % weniger Wasser als das Arterienblut führen, wenn wir voraussetzen, dass eine dem Nierengewichte (= 255 Grm.) gleiche Blutmenge in der Minute durchgeht.

Mischung der ungleichartigen Blutmassen.

§. 1426. Die aus den verschiedenen Organen zurückkehrenden ungleichartigen Blutmassen mischen sich in den allmälig zusammenlaufenden Venenbahnen. Die rechte Kammer bildet eine Schüttelmaschine, welche die mannigfachen anlangenden Blutsorten, den Chylus und die Lymphe innig vermengt. Die Fleischbalken (§. 417) leisten hierbei wesentliche Dienste Die grössere Alkalescenz des Blutes wird die Löslichkeit des zugeführten Fettes befördern und die durchgreifende Vermischung, welche die Herzbewegung einleitet, den Erfolg begünstigen. Man findet daher nur milchigte Streifen im Blute (§. 363), wenn die Menge des eingeführten Fettes die Grenze der Aufnahme überschreitet.

§. 1427. Ist die innige Mengung der verschiedenen Blutarten in den Lungen erfrischt worden, so strömt sie zunächst als gleichartigere Masse den einzelnen Körpergebilden zu. Der eingeathmete Sauerstoff setzt indessen seine Thätigkeit fort. Die feineren Gefässe und vor Allem die Capillaren liefern die Gelegenheit zu durchgreifenderen Veränderungen. Der Sauerstoff des Blutes kann sich mit der Kohlensäure der Ernährungsflüssigkeit diffundiren. Diese nimmt einzelne organische Verbindungen auf und theilt neue mit. Das Blut kann daher neue Producte unter dem Einflusse seines Sauerstoffs und seiner anderen Bestandtheile erzeugen. Wie Tendenz zur Gleichförmigkeit im Herzen, so wird die Ungleichartigkeit in der Peripherie, in den mannigfachen Körperorganen vorherrschen.

Blutanalysen.

§. 1428. Keine der bis jetzt bekannten Methoden der Blutanalysen genügt den Anforderungen der physiologischen Forschung. Die vorläufig möglichen Studien reichen nicht hin, über die regelrechten Verhältnisse Aufschluss zu geben. Sie können daher die feinen Abweichungen, die

sich unter krankhaften Bedingungen geltend machen, um so weniger anzeigen.

Transfusion. §. 1429. Die Transfusion des Blutes giebt einen deutlichen Beweis, welche zarten Bedingungen hier in Betracht kommen. Hat ein Mensch oder ein Thier viel Blut verloren, so dass die absolute Menge seines wässeriger gewordenen Blutes den Forderungen einer regelrechten Erhaltung nicht entspricht, so kann die Einspritzung von Blut eines gleichartigen Geschöpfes die Verhältnisse wesentlich verbessern. Man schlägt das Blut vor der Einspritzung, damit die Störungen, welche die Ausscheidung des Faserstoffes herbeiführen könnte, ausbleiben.

§. 1430. Führt man die Blutmasse eines Thieres in das Blut anderer Geschöpfe ein, so folgt oft der Tod binnen Kurzem nach. Frösche gehen nach der Transfusion von Menschenblut bald zu Grunde. Da unsere Blutkörperchen (Taf. II. Fig. XXIV. *a*) kleiner als die des Frosches (Taf. II. Fig. XXIII. *ab*) sind, so kann nicht der Grund der nachtheiligen Wirkung in mechanischen Verhältnissen liegen. Es lässt sich aus solchen Einflüssen ebenso wenig erklären, weshalb, nach Bischoff, Säugethiere nur nach der Einspritzung von Venen-, nicht aber nach der von Arterienblut der Vögel binnen Kurzem starben.

Ansteckungsstoffe. §. 1431. Die Ansteckungen bestätigen ebenfalls, dass quantitativ geringe Aenderungen der Blutmasse bedeutende Erfolge nach sich ziehen. Ein Tropfen von Kuhpockenlymphe, die wir in eine Ritzwunde einführen, bildet eine verschwindend kleine Grösse in Vergleich mit der gesammten Blutmasse. Da er eine beträchtliche Menge von Wasser führt, so fallen die wirksamen Bestandtheile noch kleiner, als es auf den ersten Blick scheint, aus. Das Minimum derselben arbeitet dessenungeachtet Tage lang, bis die Impfpustel zum Vorschein kommt. Die hierdurch erzeugte Blutbeschaffenheit schützt vor den Blattern Jahre lang. Etwas Aehnliches wiederholt sich in anderen Ansteckungen und in den Infectionen, welche der Uebertritt oder die Einspritzung zersetzter Stoffe in das Blut bedingt.

Mechanik der Ansteckung. §. 1432. Man kann sich vorstellen, dass eine quantitativ kleine Veränderung geringe Mengen neuer Verbindungen erzeugt, die selbst wiederum zerlegend wirken. Da sich diese Einflüsse von einem Molecüle auf die sämmtlichen Nachbartheile fortpflanzen, so wird die Thätigkeitssphäre in mehr als einfachem Verhältnisse der Zeiten wachsen. Die Schnelligkeit der Verbreitung der Veränderung bestimmt die Geschwindigkeit, mit der sich die Summe der unendlich kleinen Differenzialwirkungen zu einem endlichen Erfolge integrirt oder der Einfluss einer Minimalursache merkliche Folgen erzeugt. Dieser Gedankengang macht es im Allgemeinen begreiflicher, weshalb die meisten Ansteckungskrankheiten längere Zeit nach der Infection durchbrechen und kleine Mengen von Giften nicht selten erst nach Wochen oder Monaten störend eingreifen.

Eigenschwere der Gewebe. §. 1433. Die mittlere Eigenschwere des Blutes gleicht 1,06. Sie hält sich im Allgemeinen zwischen der der flüssigen und der der festen Körpergebilde. Wasserreiche Mischungen, wie das Schafwasser, der Speichel, der Magensaft, der Harn zeigen z. B. 1,004 bis 1,04, die Galle, die Milch, die Lymphe 1,01 bis 1,02, die Wände der Schlagadern dagegen 1,09, die Nerven 1,10, die Sehnen 1,12, die frischen mit der Beinhaut überzoge-

nen Knochen 1,4 und die gereinigte Rindenmasse derselben 2,0. Nur reichliche Beimischungen von Fett, dessen Eigenschwere 0,92 beträgt, oder eine relativ grössere Menge von Ernährungsflüssigkeit drücken die Dichtigkeit einzelner fester Gewebe unter die des Blutes hinab. Das Gehirn kann deshalb 1,025, ein einzelner Nervenstamm 1,02 zeigen. Jene Mittelstellung der Blutmasse rührt davon her, dass die flüssigeren Ausscheidungen wässeriger und die festen concentrirter als die Mutterlauge des Blutes sind.

Zerlegung des Blutes.

§. 1434. Eine vollständige Analyse des Blutes sollte die Zusammensetzung der farblosen und der gefärbten Blutkörperchen und der Blutflüssigkeit gesondert angeben. Schliessen wir auch die Unvollkommenheit der chemischen Untersuchungsmethoden von der Betrachtung aus, so kann jener Forderung nicht unmittelbar Genüge geleistet werden, weil sich nicht die mechanischen Gemengtheile des Blutes von der Flüssigkeit ohne Verlust trennen lassen. Man hat daher die Aufgabe auf indirectem Wege lösen wollen. Die praktischen Versuche, die man bis jetzt gemacht hat, liefern keine zuverlässigen Annäherungswerthe.

§. 1435. Der Blutkuchen besteht aus Faserstoff und Blutkörperchen (§. 1085) und das defibrinirte Blut aus Blutkörperchen und Serum, während das vollkommen rein gedachte Serum weder Faserstoff, noch Blutkörperchen führt. Die vergleichende Analyse des Faserstoffes und des ganzen Blutkuchens oder des defibrinirten Blutes und des Serum kann scheinbar die Bestandtheile der Blutkörperchen angeben, weil der Unterschied der beiderseitigen Analysenwerthe den den Blutkörperchen entsprechenden Grössen gleichen müsste.

§. 1436. Mehrere Nebenverhältnisse bedingen es, dass man keinen Aufschluss über die Zusammensetzung der Blutkörperchen auf diesem Wege erhält. Schon die Gerinnung ändert die Bestandtheile derselben. Sie verdünnt die Blutflüssigkeit (§. 1085) und erzeugt einen Diffusionsstrom zwischen dieser und den Blutkörperchen. Der Faserstoff enthält immer eine Menge von farblosen und gefärbten Körperchen, die sich nicht mehr vollständig entfernen lassen. Diese fallen aus der Analysenberechnung hinweg. Ist man, wie gewöhnlich, genöthigt, die Menge des wasserfreien Rückstandes der Blutkörperchen zunächst zu bestimmen, so fehlt jeder sichere Anhaltpunkt, die Reduction auf den feuchten Zustand der frischen Körperchen vorzunehmen (§. 1109). Wollte man den Versuch machen, die Gewichtsquantität der Blutkörperchen unmittelbar zu finden, so würde man Grössen erhalten, die bedeutende Fehler einschliessen. Serum oder Auswaschwasser blieben zwischen den Blutkörperchen auf dem Filtrum zurück. Diese hätten überdies eine gewisse Menge ihrer löslichen Bestandtheile an die Flüssigkeiten, mit denen sie in Berührung kommen, abgegeben. Da kein Stoff den Blutkörperchen einseitig zukommt, so ist es nicht möglich, den Gehalt derselben an einem einzigen Bestandtheile sicher festzustellen. Ob der theoretisch richtige Vorschlag von Vierordt, die Verhältnisse der Blutkörperchen durch die Combination einer an Blutkörperchen reicheren und einer verdünnteren, an Körperchen ärmeren Flüssigkeit zu ermitteln, zum Ziele führen kann, wird davon abhängen, ob sich eine völlig indifferente Verdünnungsflüssigkeit auffinden lässt oder nicht.

Blutkörperchen und Blutflüssigkeit.

§. 1437. Führt auch die vergleichende Analyse des Faserstoffes und des Blutkuchens oder des defibrinirten Blutes und des Serum zu keinen sicheren quantitativen Bestimmungen, so kann sie doch andeuten, ob gewisse Verbindungen in den Blutkörperchen vorherrschen oder nicht. Vergleichende Prüfungen der Art bestätigen zunächst, dass der Blutfarbestoff in reichlicherer Menge in den Blutkörperchen als in der Blutflüssigkeit enthalten ist. Die procentige Menge des Fettes würde, nach Schmidt, in den Blutkörperchen ungefähr um $^1/_3$ grösser als in der Blutflüssigkeit ausfallen. Obgleich beide fast die gleichen Procentzahlen für die Asche darbieten, so herrschen doch nach jenem Forscher das Chlor, die Schwefelsäure, das Natrium und die Phosphate des Kalkes und des Talkes in der Blutflüssigkeit, die Phosphorsäure und das Kalium dagegen in den Blutkörperchen vor.

Blut im Ganzen.

§. 1438. Die gewöhnlichen Blutanalysen, welche die Bestandtheile der Gesammtmasse des Blutes berücksichtigen, enthalten so bedeutende Fehlerquellen, dass man ihre Werthe nur als entfernte Annäherungsgrössen im günstigsten Falle betrachten kann. Halten wir uns z. B. an die von Becquerel und Rodier für das Blut des erwachsenen Mannes gefundenen Durchschnittszahlen, so finden wir 77,9 % Wasser, 0,2 % Faserstoff, 14,1 % Blutkörperchen, 6,9 % Eiweiss, 0,2 % Fett und 0,7 % Salze mit Extractivstoffen. Der Faserstoff wird nach dem durch Schlagen erhaltenen und getrockneten Fibrin bestimmt. Die mechanisch-eingeschlossenen Körperchen erzeugen hierbei einen positiven und die verloren gehenden kleinen Faserstoffmassen einen negativen Fehler. Der Fettgehalt des Fibrins fügt noch eine neue Irrthumsquelle hinzu. Die für die Blutkörperchen angegebene Grösse ist die Differenz des trockenen Blutkuchens einer zweiten Probe und des Faserstoffes der ersten. Diejenige Menge von Blutkörperchen, welche in dem Faserstoff zurückbleibt, wird nicht beachtet, während die festen Stoffe des mechanisch gebundenen Serum hinzugerechnet werden. Da dieser letztere Umstand einen grösseren Fehler erzeugt, so wird das trockene Blutkörpergewicht zu hoch ausfallen. Man hat es in den meisten Analysen vernachlässigt, das Serum vor dem Kochen mit Essigsäure schwach anzusäuern oder mit Salmiak zu versetzen, und erhielt daher zu wenig Eiweiss. Der Fettgehalt wird mit einem positiven oder negativen Fehler behaftet sein, je nachdem der Alkohol oder der Aether noch andere Verbindungen aufgenommen hat oder Fett im Faserstoff zurückgeblieben ist. Die Asche liefert wahrscheinlich immer zu kleine Werthe, weil das heftige Glühen flüchtige Verbindungen austreibt und selbst schweflige Säure aus einem Theile des vorhandenen Schwefels erzeugt werden kann. Da endlich der hygroskopische Zustand des festen Blutrückstandes keine scharfe Wasserbestimmung gestattet und noch andere flüchtige Körper bei dem Trocknen davongehen, so sieht man, dass alle Bestimmungen der Blutbestandtheile mit merklichen und viele mit sehr bedeutenden Fehlern behaftet sind.

Wassergehalt.

§. 1439. Der Wassergehalt des venösen Blutes ist nicht immer grösser als der des arteriellen. Blutverluste erhöhen die Wassermenge. Das Blut der Frau soll durchschnittlich wässeriger als das des Mannes sein und der feste Rückstand desselben in der Schwangerschaft abnehmen. Das Blut des Embryo enthält mehr Wasser als das des Erwachsenen. Die mei-

sten Krankheiten, in denen kein hinreichender Ersatz der verloren gehenden festen Bestandtheile stattfindet, führen zu wasserreicheren Blutmassen.

§. 1440. Da die Nebenverhältnisse einen bedeutenden Einfluss auf die Ausscheidung des Faserstoffes ausüben und die Quantitätsbestimmungen desselben merkliche Irrungsquellen enthalten, so lässt sich schwer entscheiden, unter welchen Bedingungen dieser Körper wechselt. Er soll aus dem Schlagaderblute in grösserer Menge als aus dem Venenblute erhalten werden und in manchen Blutarten, z. B. in dem Inhalte der Milzvenen oder der Lebervenen, in fester Form fast gar nicht zum Vorschein kommen. Entzündungskrankheiten können seine Menge um mehr als das Vierfache der Normalzahl erhöhen.

Faserstoff.

§. 1441. Die Durchschnittszahlen der trockenen Blutkörperchen sollen in Frauen kleiner als in Männern ausfallen. Die Schwangerschaft, das Hungern, unpassende Nahrungsmittel, wiederholte Blutentziehungen und erschöpfende Krankheiten lassen ihre Werthe abnehmen. Die Menge der Blutkörperchen ist in der Regel in bleichsüchtigen oder chlorotischen Personen beträchtlich kleiner als in gesunden Frauen. Ihr Werth kann hier auf $^1/_3$ der Normalzahl in den ausgesprochensten Krankheitsfällen heruntergehen. Der gewöhnliche Unterschied beträgt 2 bis 3 $^0/_0$. Stellen sich die Regeln nach dem Gebrauche des Eisens oder anderer passender Heilmittel von Neuem ein, so vergrössert sich auch die Menge der Blutkörperchen.

Blutkörperchen.

§. 1442. Das Eiweiss des Blutserum bildet ein Natronalbuminat, das ausserdem noch von Chlornatrium und Phosphaten als integrirenden Bestandtheilen begleitet wird. Seine Normalmenge gleicht in gesunden Männern 6,3 bis 7,0 $^0/_0$ nach Scheerer's Untersuchungen. Die Quantitäten der nebenbei vorhandenen Alkalien und alkalischen Salze können die Reactionen dieser Verbindung wesentlich ändern. Eine grössere Menge derselben erniedrigt z. B., nach Panum, den Temperaturgrad, bei dem sich das Eiweiss in fester Form niederzuschlagen anfängt. Es wäre möglich, dass das, was wir als Faserstoff austreten sehen, nur eine durch solche Nebenbedingungen erzeugte Modification des Eiweisses bildet. Der Wechsel der Gerinnungserscheinungen (§. 1086) unterstützt diese Auffassungsweise. Es rührt vermuthlich von ähnlichen Bedingungen her, dass sich ein durch Essigsäure fällbarer Stoff aus dem verdünnten Serum gewinnen lässt, den einzelne Forscher für Käsestoff und andere für ein natronfreies und salzarmes Eiweiss halten.

Eiweiss.

§. 1443. Die meisten vergleichenden Bestimmungen der Schwankungen des Eiweissgehaltes des Serum unter verschiedenen regelrechten und krankhaften Verhältnissen sind nach ungenügenden Untersuchungsmethoden (§. 1438) gewonnen worden. Sie können daher keine Zuverlässigkeit besitzen. Man fand geringere Mengen desselben in der Albuminurie (§. 998), dem Scorbut, den Faulfiebern, dem Kindbettfieber. Es soll dagegen in der Cholera in grösserer Quantität als gewöhnlich auftreten.

§. 1444. Die Fette des Blutes umfassen ungleichwerthige Körper, wie Margarin (§. 103) und Cholestearin (§. 106). Das Serolin ist ein Gemenge verschiedener Verbindungen. Der Genuss von Fettkörpern soll, nach Boussingault, den Fettgehalt des Blutes nicht vergrössern. Diese

Fette.

Angabe muss wahrscheinlich darauf zurückgeführt werden, dass die in einer Zeiteinheit aufgenommene Fettmenge (§. 1406) im Verhältniss zur gesammten Blutmasse so gering ist, dass eine nur unmerkliche Erhöhung des Fettgehaltes der verschiedenen innig gemischten Blutarten (§. 1426) herauskommt. Sollte es sich bestätigen, dass das Schlagaderblut weniger Fett als das Venenblut führt, so könnte man schliessen, dass ein Theil des Fettes unter dem Einflusse des eingeathmeten Sauerstoffes verbrennt oder zur ferneren Entwickelung der Lymphkörperchen verwendet wird (§. 395).

Milchigtes Serum.

§. 1445. Wir haben schon §. 363 gesehen, dass das Blut der von Muttermilch lebenden Säugethiere so viel Fett enthält, dass man weisse Streifen im Blute bemerkt oder die Alkalescenz des Blutes nicht hinreicht alle eingeführten Fettmassen zu verseifen. Dieselbe Ursache bedingt es bisweilen, dass ein milchigtes Serum nach der Gerinnung zurückbleibt. Das Urtheil des unbewaffneten Auges kann hier leicht irre führen. Serumarten, in denen viele farblose Blutkörperchen oder ein sehr feinkörniger Niederschlag wahrscheinlich von Eiweisskörpern vertheilt ist, sehen ebenfalls milchigt aus. Die Fettmengen des Blutes steigen oft in Schwindsüchtigen, Leberkranken und Trunkenbolden.

Andere organische Verbindungen.

§. 1446. Einzelne organische Verbindungen, die eine bedeutende Rolle in dem thierischen Haushalte übernehmen, kommen nur in sehr geringen Mengen im Blute vor. Wir haben schon §. 1045 die Gründe kennen gelernt, weshalb nur kleine Quantitäten von Harnstoff und noch unbedeutendere von Harnsäure und Hippursäure vorhanden zu sein brauchen, ohne dass der verhältnissmässig reichlichere Uebertritt in den Harn unmöglich würde. Geringe Mengen von Zucker kommen ebenfalls vor. Sie erreichen aber nicht $^1/_{100}$ % unter regelrechten Verhältnissen. Die nebenbei vorhandenen Verbindungen, vorzüglich der Eiweisskörper, erschweren die sichere quantitative Bestimmung der kleinen Zuckermengen in hohem Grade. Gallenstoffe und eigenthümlich riechende flüchtige Verbindungen, die wahrscheinlich zu den Fettsäuren (§. 107) gehören, sind ebenfalls vorhanden.

Aschenbestandtheile.

§. 1447. Das Chlornatrium ($NaCl$) beträgt ungefähr $^3/_5$ und das kohlensaure Natron ($NaCO_2 + 10HO$) beinahe $^3/_{10}$ der Serumasche. Der $^1/_{10}$ entsprechende Rest enthält grössere Mengen von Chlorkalium (KCl), pyrophosphorsaurem Natron ($2NaO \cdot HO \cdot PO_5 + 24HO$) und schwefelsaurem Kali ($KO \cdot SO_3$) und geringere von phosphorsaurer Kalkerde ($3CaO \cdot PO_5$) und Talkerde [$(2MgO \cdot HO)PO_5 + 14HO$], Eisen, Mangan und Kieselsäure. Ammoniakverbindungen können in reichlichen Mengen im krankhaften Blute vorhanden sein. Fluorcalcium ($CaFl$), Jod, Kupfer und andere Metalle lassen sich hin und wieder nachweisen.

§. 1448. Das Blutserum Erwachsener enthält, nach Nasse, mehr Asche als das von Kindern. Verdünnt sich die Blutmasse in Folge von Blutverlusten, so steigt der Salzgehalt, weil die unorganischen Verbindungen mit grösserer Geschwindigkeit als die organischen eintreten. Die Aschenmengen sollen in heftigen Entzündungen sinken, während sie in dem Scorbute und in Wassersuchten zunehmen.

Gase des Blutes.

§. 1449. Wir haben schon §. 779 die Gase, die in dem Blute enthalten sind, kennen gelernt. Ein Theil des eingeathmeten Sauerstoffes verbindet sich wahrscheinlich mit Bestandtheilen des Blutes, vorzüglich der Blutkör-

perchen. Dass diese eine grössere Anziehung zum Sauerstoff besitzen, lässt sich schon aus ihrem reichlicheren Gehalte an Blutroth schliessen. Es erklärt sich hieraus, weshalb defibrinirtes Blut mehr Sauerstoff verschluckt als blosses Serum (§. 781). Eine gewisse Menge der Kohlensäure, die bei der Verbrennung organischer Verbindungen erzeugt worden, vereinigt sich wahrscheinlich ebenfalls vor ihrem Austritte mit einzelnen Bestandtheilen der Blutmasse.

Verhältnisse der Kohlensäure.

§. 1450. Eine Lösung von doppelt kohlensaurem Natron ($NaO . 2CO_2 + HO$) entlässt einen Theil ihrer Kohlensäure, wenn man einen Strom von Sauerstoff oder Wasserstoff durchleitet. Man erhält hierdurch einfach kohlensaures Natron ($NaO . CO_2$). Einzelne Chemiker drücken deshalb das Bicarbonat durch die Formel $NaO . CO_2 + HO . CO_2$ aus. Liebig nahm eine ähnliche Umwandlung für die Natronverbindung des Blutes an. Der eingeathmete Sauerstoff würde das Bicarbonat des Natron zersetzen und einen Theil Kohlensäure für die Perspiration frei machen.

Man hat bis jetzt keine genaueren quantitativen Bestimmungen zur Prüfung dieser Ansicht vorgenommen. Die in der Perspiration davon gehenden Kohlensäuremengen lassen wenigstens die Möglichkeit offen, dass ein solcher Umsatz stattfindet. 1 Grm. doppelt kohlensaures Natron muss 0,293 Kohlensäure verlieren, um in einfach kohlensaures Natron überzugehen. Wir haben §. 775 gesehen, dass ich 0,724 Grm. Kohlensäure in der Minute liefere. 8,75 Kilogrm. Blutes durchsetzen meine Lungen innerhalb dieser Zeiteinheit. Das lebende Blut brauchte daher nur 0,028 % doppelt kohlensaures Natron zu enthalten, um die bei der Athmung zum Vorschein kommenden Kohlensäuremengen unter dem Einflusse des Sauerstoffes abgeben zu können.

Blut verschiedener Gefässe.

§. 1451. Man hat häufig den Versuch gemacht, die Zusammensetzung der in verschiedenen Gefässen enthaltenen Blutmassen wechselseitig zu vergleichen. Lassen wir die unvermeidlichen Analysenfehler bei Seite, so können solche Beobachtungen nur dann genügen, wenn man die einzelnen Gefässabschnitte des lebenden Thieres an zwei entfernten Stellen gleichzeitig unterbunden hat. Die successive Unterbindung führt schon eine Reihe von Fehlerquellen ein. Die zufällige Auswahl der Blutmassen nach dem Tode gewährt gar keine Sicherheit mehr. Die meisten Erfahrungen, die man bis jetzt auf diesem Gebiete besitzt, sind nicht unter der Beachtung jener Vorsichtsmaassregeln gewonnen worden.

§. 1452. Das Schlagaderblut soll mehr Blutkörperchen als das Venenblut enthalten. Lehmann fand die sparsamste Menge von Blutkörperchen in dem Blute der Milzvene, über die Hälfte mehr in dem Blute der Pfortader, noch mehr in dem der unteren Hohlader und der äusseren Drosselvene und am meisten in dem Lebervenenblute des Pferdes. Vergleicht man das Arterienblut mit dem Venenblute, so soll jenes mehr Wasser, Faserstoff und Salze, dieses dagegen reichlichere Mengen von Eiweiss und Fetten führen. Das Pfortaderblut würde einen ähnlichen Unterschied in Bezug auf das Lebervenenblut und das Venenblut überhaupt darbieten. Es enthielte mehr Faserstoff, Fett und Aschenbestandtheile und weniger Eiweiss. Giebt sein Serum mehr Wasser, so kann dieses von den eingenommenen Getränken oder anderen aufgenommenen wasserhaltigen Verbindungen herrühren.

Definitive und provisorische Ausgaben des Blutes.

§. 1453. Man muss zweierlei Arten von **Ausgaben des Blutes** unterscheiden. Die definitiven umfassen diejenigen Stoffe, welche in den merklichen und unmerklichen Entleerungen, so weit sie aus dem Blute stammen, für immer davon gehen, die provisorischen dagegen die, welche für die Lymphe und die Absonderungen austreten und später zum Theil zum Blute zurückkehren. Während die definitiven Ausgaben einen wahren Verlust bilden, können die provisorischen insofern von Nutzen sein, als sie das Blut von einzelnen Verbindungen für den Augenblick entlasten und ihm später neue brauchbare Stoffe zuführen. Die Thätigkeit fremder Gewebtheile und vorzüglich der Drüsen ändert auf diese Weise indirect die Beschaffenheit der Blutmasse.

Austrittsmengen.

§. 1454. Die absolute Menge einer Verbindung, die das Blut innerhalb einer Zeiteinheit verlässt, wechselt mit der Zusammensetzung des Blutes, dem Zustande der Gefässwände, dem der benachbarten Körpergewebe und der sie durchtränkenden Ernährungsflüssigkeit. Das Wasser hat die grösste Durchgangsgeschwindigkeit. Viele andere Verbindungen werden im Blute bis zu einer gewissen Grenze zurückgehalten. Haben sie diese überschritten, so treten sie da aus, wo die günstigsten Nebenbedingungen ihres Durchganges vorhanden sind. Verhältnisse, die ihre Ausscheidung erleichtern, werden auch jenen Maximalwerth des Blutes herabsetzen.

§. 1455. Diese Betrachtungen erklären es, weshalb erst der Zucker im Harne auftritt, wenn der Zuckergehalt des Blutes eine gewisse Grösse überschritten hat (§. 1007). Etwas Aehnliches gilt wahrscheinlich von dem Harnstoff, den man auch in anderen Flüssigkeiten als dem Harne, z. B. in der wässerigen Feuchtigkeit und dem Glaskörper des Auges und ausnahmsweise im Speichel, dem Magen- und Darminhalte antreffen kann, der Harnsäure, der Hippursäure und anderen Bestandtheilen der Absonderungen, die schon im Blute vorgebildet sind. Der Gallen- und der Harnfarbestoff entstehen wahrscheinlich nur aus Metamorphosen des Blutfarbestoffes, der aus der Blutflüssigkeit durchschwitzt. Das Eiweiss dagegen tritt in der Regel in sparsamen Mengen aus, obgleich es in reichlichen Quantitäten im Blute enthalten ist. Nur ein grösserer Wassergehalt, ein stärkerer Seitendruck, ein Wechsel der Porositätsverhältnisse der Gefässwände oder der Anziehungserscheinungen der benachbarten Gewebe führen zu reichlicheren Ausscheidungen der Eiweisskörper.

Gewichtssumme der provisorischen Ausgaben.

§. 1456. Die mässigsten Schätzungen der täglichen Mengen der Lymphe und der Absonderungen führen zu der Ueberzeugung, dass die Gewichtssumme der **provisorischen Ausgaben** das Gesammtgewicht des Blutes in wenigen Tagen erreicht. Mehr als $^9/_{10}$ dieses Substanzverlustes des Blutes fällt auf das Wasser. Die festen Stoffe führen in dieser Hinsicht zu beträchtlichen Unterschieden. Der Harnstoff verlässt wieder das Blut so schnell, dass er in ihm keinen hohen relativen Werth erreichen kann. Die Substanzen dagegen, die zum Aufbau der Blutkörperchen und anderer Festgebilde dienen, bieten das Umgekehrte dar.

Ursache derselben.

§. 1457. Die grossen Ausgaben des Blutes bilden die mechanischen Folgewirkungen der Einrichtung des Körpers. Die Mutterflüssigkeit aller Ernährungserscheinungen befindet sich in porösen Röhren, auf deren Wänden ein starker Druck lastet und die selbst von ungleichartigen Verbindun-

gen äusserlich umgeben werden. Verhältnissmässig reichliche Mengen von Flüssigkeiten sintern unter diesen Verhältnissen durch, wenn auch die Gefässe des lebenden Körpers mehr Widerstand als die des Leichnames (§. 582) darbieten. Ein reger Wechsel der Bestandtheile bildet nur die Nebenfolge dieser ursprünglich mechanischen Wirkung.

§. 1458. Die mit den Gewebeansammlungen wechselnde Ernährungsflüssigkeit erleidet verschiedenartige Zersetzungen, die von zwei Bedingungsgliedern, ihrer eigenen Beschaffenheit und der der Formelemente, die auf sie wirken können, abhängt. Die Erhaltung und das Wachsthum setzen voraus, dass die Anziehungserscheinungen gewisse gleichartige Resultanten für den Gewebtheil und ungleichartige für die umspülende Ernährungslösung bedingen.

Zersetzung der Ernährungsflüssigkeit.

§. 1459. Die Eiweisskörper erleiden hierbei so feine Veränderungen, dass die chemische Untersuchung die Unterschiede nicht angiebt. Sie selbst sind wahrscheinlich Paarlinge anderer Verbindungen. Krystallisirte Essigsäure, die nur so viel Wasser angezogen hat, dass sie flüssig geworden, trennt, nach Leconte und Gumoëns, das Eiweiss, den Faserstoff, den Käsestoff, das Globulin der Krystalllinse, das Vitellin des Eidotters und die Grundmasse der Muskeln in einen löslichen Theil und eine unlösliche gallertige Verbindung. Die Neutralisation der Essigsäure fällt wiederum den aufgenommenen Körper. Geringe Veränderungen der unorganischen Bestandtheile lassen die physikalischen Eigenschaften durchgreifend wechseln. Das Natronalbuminat verliert bei dem Kochen eine Quantität von Natron und scheidet sich dabei in der Form von käsestoffähnlichen Häutchen aus. Hat man eine Lösung des Natronalbuminates mit Essigsäure gesättigt und mit dem 20fachen Volumen Wasser verdünnt, so schlägt sich ein Eiweiss nieder, das, nach Scheerer, weniger Salze und Natron enthält. Die Eiweisspeptone oder die Albuminose (§. 290), das Proteïntritoxyd, das Acidalbumin, das Paralbumin und das Metalbumin einzelner Wassersuchtergüsse sind solche Abänderungen des Eiweisses, die sich durch einzelne Reactionen von dem gewöhnlichen Eiweisse unterscheiden. Der Faserstoff und selbst der Käsestoff gehen wahrscheinlich aus einem Wechsel der untergeordneten Nebenbedingungen hervor. Sollte es sich z. B. bestätigen, dass das Blut der Vögel mehr Faserstoff liefert als das der Säugethiere, so würde dieses andeuten, dass grössere Mengen von Sauerstoff, die mit der Athmung eingeführt werden, die Umwandlung in Faserstoff begünstigen. Es hängt von feineren Verhältnissen ab, ob die Blutkrystalle entstehen und nach kurzer Existenz zerklüften und endlich verschwinden (§. 1095). Viele Streitigkeiten, ob man den einen oder den anderen Stoff in einer Untersuchung vor sich hatte, gingen nur daraus hervor, dass keine der Parteien zu einer sicheren Deutung berechtigt war.

Ausscheidung der Eiweisskörper.

§. 1460. Mehrere andere Umstände machen es unmöglich, sich einen klaren Begriff von den die Ausscheidung begleitenden Veränderungen zu machen, wenn man die fertigen oder wachsenden Gewebe mit dem Blute vergleicht. Die qualitativen mikrochemischen Prüfungen reichen zur Erkenntniss nicht hin. Die quantitativen makrochemischen Untersuchungen werden in der Regel an Gemengen der verschiedenartigsten Gebilde angestellt. Die Unsicherheit der Analysenmethoden, die Nothwendigkeit, die

Resultate, die verschiedene Forscher an verschiedenen Geschöpfen nach abweichenden Verfahrungsweisen erhalten haben, vergleichend zusammenzustellen, und die Vernachlässigung der Zwischenstufen der Metamorphose untergraben hier die Sicherheit der Ergebnisse auf jedem Schritte.

Syntonin. §. 1461. Das Syntonin, das aus einem Gemenge verschiedener Bestandtheile der quergestreiften oder glatten Muskelfasern erhalten wird, führt, nach Strecker, etwas mehr Kohlenstoff und etwas weniger Stickstoff als das Blut oder der Faserstoff desselben. Die frische Muskelsubstanz liefert geringe Mengen eigenthümlicher Körper, wie des Inosits oder des Muskelzuckers ($C_{12}H_{12}O_{12} + 4HO$), der Inosinsäure ($C_{10}H_6N_2O_{10} . HO$), des Sarkosin ($C_6H_7NO_4$), der Milchsäure ($C_{12}H_{10}O_{10} . 2HO$), des Kreatin ($C_8H_9N_3O_4 + 2HO$). Ein Theil dieser Verbindungen gehört zu den wesentlichen Bestandtheilen der zur Thätigkeit bereiten Muskelfaser. Ein anderer erzeugt sich bei der Verkürzung der Muskeln, deren saure Reaction bei der Contraction zunimmt, während wahrscheinlich einzelne Stoffe erst bei der chemischen Zerlegung erzeugt werden. Die Zusammensetzung der Asche der Muskeln scheint sich mehr der der Blutkörperchen (§. 1437). als der der Blutflüssigkeit anzunähern. Dieses deutet darauf hin, dass eine grössere Menge von Kali als integrirender Bestandtheil der hierher gehörenden in fester Form abgesetzten Eiweisskörper auftritt.

Kerngebilde. §. 1462. Das Sarcolemma, die Kerne der verschiedenartigsten zelligen und faserigen Gebilde und die elastischen Fasern widerstehen der Einwirkung der Essigsäure, der Weinsteinsäure und anderer Pflanzensäuren. Diese Reaction und die Eigenschaft, dass sie kein Glutin bei dem Kochen geben, unterscheidet sie von den zellgewebigen Massen, mit denen sie meistentheils vermengt sind. Die Entwickelungsgeschichte lehrt, dass sie einen Nebenabsatz bilden, der ursprünglich aus eiweissartigen Körpern hervorgeht und oft Glutin liefernde Gewebtheile als Nebenproduct hat. Das Sarcolemma weicht übrigens von den Kernen und den elastischen Fasern auch in seinem chemischen Verhalten zu Alkalien ab.

Verhornung. §. 1463. Die Verhornung geht aus einer anderen Metamorphose der Eiweisskörper hervor. Die ausgebildeten Hornmassen der Oberhaut, der Nägel und der Haare führen weniger Kohlenstoff und Wasserstoff und mehr Stickstoff als das Blut. Man kann sich hieraus im Allgemeinen erklären, weshalb Fett und Pigment als Nebenproducte erzeugt werden (§. 1175). Da viele Hornzellen Kerne enthalten und der sie verbindende Kitt eine eigenthümliche Zusammensetzung darbietet, so gestatten die elementaranalytischen Untersuchungen dieser Gemenge keine weiteren Folgerungen. Die theoretische Reduction des in den Insectenflügeln vorkommenden Chitins oder Entomaderms auf einen der Cellulose ähnlichen Körper und den Muskelfaserstoff hat noch keine sichere Bestätigung gefunden.

Verknorpelung. §. 1464. Man kennt nicht die chemische Veränderung, welche der Verknorpelung zum Grunde liegt. Die Thatsache, dass der mit Wasser gekochte bleibende Knorpel Chondrin (§. 119) liefert, gestattet keinen Rückschluss, weil der Leim nicht als solcher in dem frischen Knorpel vorgebildet ist. Der Knochenknorpel und, nach Hoppe, die Knorpelmasse des Enchondromes (§. 1212) geben übrigens Glutin und andere krankhafte Knorpel Leimarten, die weder mit Glutin noch mit Chondrin übereinstimmen.

Da so ungleichartige Elemente, wie Bindegewebe und Horn, Glutin erzeugen, so folgt, dass die Leimarten über die ursprüngliche Natur der Gewebe nicht entscheiden.

§. 1465. Die Verknöcherung setzt voraus, dass eine relativ grössere Menge von Aschenbestandtheilen aus der Ernährungsflüssigkeit angezogen wird. Der phosphorsaure Kalk, der hier die Hauptrolle übernimmt, wird nicht immer unmittelbar abgesetzt, sondern aus kohlensaurem Kalke oder organisch sauren Kalkverbindungen nachträglich erzeugt. Das Verhältniss der kohlensauren zur phosphorsauren Kalkerde fällt in dem Neugeborenen grösser als im Erwachsenen und in schwammigten jüngeren Knochenbildungen beträchtlicher als in gesunden Knochen aus. Die Zahnentwickelung setzt eine noch bedeutendere Anziehung der Erdphosphate voraus.

Verknöcherung.

§. 1466. Da der phosphorsaure Kalk einen steten Begleiter der Eiweisskörper bildet, so wird er mit der Nahrung fortwährend zugeführt. Seine Löslichkeit in Flüssigkeiten, die Kohlensäure, Chlornatrium oder Chlorammonium enthalten, lässt die Verbreitung dieser Verbindung in allen stickstoffhaltigen Gewebtheilen begreifen. Die Knochen von Vögeln, denen eine kalkarme Nahrung verabreicht und das Verschlucken von Kieselsteinen unmöglich gemacht worden, werden, nach Chossat, an einzelnen Stellen verdünnt oder knorpelig. Sollte sich diese Erfahrung allgemein bestätigen, so würde sie andeuten, dass eine gewisse Menge phosphorsauren Kalkes zu den unabweislichen Ausgaben der Skelettgebilde gehört. Die Ansicht, dass Knochenbrüche Schwangerer schwerer heilen, weil viel Kalksalze für das Skelett des Kindes verbraucht werden, ist wahrscheinlich unrichtig.

§. 1467. Man hat noch keine Anhaltpunkte, um die Bildung mancher anderer stickstoffhaltigen Körper, z. B. der Lungensäure, zu begreifen. Es lässt sich übrigens nicht entscheiden, ob man es hier mit einem blossen Bestandtheile der frischen Gewebe oder einem künstlichen Producte zu thun hat.

§. 1468. Der Traubenzucker ($C_{12}H_{12}O_{12} + 2\,HO$), die Milchsäure ($C_{12}H_{10}O_{10} \,.\, 2\,HO$) und die Buttersäure ($C_8H_7O_3 \,.\, HO$) sind drei Umwandlungsstufen der Kohlenhydrate, die man oft genug im Organismus antrifft. Dass der Leberzucker (§. 923) kein nothwendiges Nebenerzeugniss der Gallenbereitung sei, lässt sich aus den Erscheinungen des Winterschlafes schliessen. Ich fand keine Spur von Zucker in Murmelthieren, die nach fünfmonatlichem Winterschlafe kurz nach dem Erwachen zu Grunde gegangen waren, obgleich die Gallenblase so viel Galle enthielt, dass sich das Gewicht der letzteren zu dem der Leber wie 1 : 9 verhielt.

Erzeugnisse der Stärkemehlkörper.

§. 1469. Das Fett kann von den verschiedensten Quellen herrühren. Im Ueberschuss eingesogene neutrale Fette setzen sich meist zum grössten Theile als Fettgewebe ab, wenn sie nicht für die Entleerungen benutzt werden. Nur geringe Mengen gehen in Fettsäuren über. Obgleich die Chemie die einzelnen Umsatzerscheinungen noch nicht verfolgen konnte, so unterliegt es doch keinem Zweifel, dass neutrale Fette aus Eiweisskörpern (§. 1158) und Kohlenhydraten gebildet werden. Das Stopfen der Gänse führt schon zu dem Schlusse, dass eine reichliche Stärkemehlnahrung Fette

Fettablagerung

erzeugen kann. Erwachsene Pflanzenfresser gewinnen oft genug mehr Fett, als ihnen in ihren Nahrungsmitteln zugeführt worden.

§. 1470. Da die neutralen Fette des thierischen Körpers weniger Sauerstoff als die Kohlenhydrate führen, so kann man die Fetterzeugung aus den Umsatzproducten der Stärke als eine Desoxydation betrachten, oder richtiger die Sache so ansehen, als wenn sich Fett als Nebenproduct erzeugt, wenn geringere Mengen von Sauerstoff, als die vollständige Verbrennung fordert, zu Gebote stehen. 1 Grm. trockenen Stärkemehls hat seiner Atomenzusammensetzung nach 1,185 Grm. Sauerstoff nöthig, um 1,630 Grm. Kohlensäure und 0,556 Grm. Wasser zu bilden. Hält man sich nur an die elementaranalytischen Werthe, so kann z. B. 1 Grm. Amylon 1,377 Grm. Kohlensäure, 0,516 Grm. Wasser und 0,088 Grm. Fett (§. 103) erzeugen, wenn bloss 0,981 Grm. Sauerstoff verbraucht werden.

§. 1471. Die künstliche Herstellung der vorzüglichsten im Thierkörper vorkommenden neutralen Fette (§. 103) aus der Verbindung der Fettsäuren mit Lipyloxyd, welche Berthelot gelungen ist, unterstützt die Vermuthung, dass die Buttersäure, die bei der Fettgährung der Stärke zum Vorschein kommt, zur Erzeugung neutraler Fette ebenfalls dient, wenn andere noch unbekannte Verhältnisse den Beitritt von Lipyloxyd möglich machen. Die sorgfältigen Untersuchungen von Heintz haben nachgewiesen, dass die thierischen Fette Gemenge grosser Reihen der verschiedensten sauerstoffhaltigen Fettsäuren mit Lipyloxyd bilden, dass z. B. die Margarinsäure aus Palmitinsäure und Stearinsäure besteht und das Menschenfett Margarinsäure, Palmitinsäure, Stearinsäure und wahrscheinlich auch Stearophansäure enthält. Diese Mannigfaltigkeit der Producte erklärt sich aus der Verschiedenheit der auf die Fettabscheidung wirkenden Eiweisskörper und der zu Gebote stehenden Sauerstoffmengen.

Beschränkte Elementaranalyse.

§. 1472. Die Umsatzerscheinungen, denen die definitiven Ausgaben des Blutes ihren Ursprung verdanken, lassen sich am natürlichsten mit denen der Gährung und der Fäulniss vergleichen. Beide bilden unvollständige Elementaranalysen (§. 49). Die quaternären Verbindungen verwandeln sich nicht vollständig in Kohlensäure, Wasser und Stickstoff oder Ammoniak. Immer andere organische Körper werden nach und nach gebildet, während beschränktere Mengen von Kohlensäure und Wasser mit oder ohne Stickstoff oder Ammoniak als Nebenproducte zum Vorschein kommen. Man kann sich auf diese Art theoretisch vorstellen, dass z. B. 1 Grm. trockenen Eiweisses (§. 117) 0,338 Grm. Harnstoff, 1,718 Grm. Kohlensäure und 0,443 Grm. Wasser liefert, wenn 1,498 Grm. Sauerstoff hinzugetreten sind. Die vollständige Elementaranalyse hätte dagegen 1,762 Grm. Sauerstoff für 1,960 Grm. Kohlensäure, 0,645 Grm. Wasser und 0,157 Grm. Stickstoff nöthig gehabt. Es ergiebt sich aus dem §. 1470 Dargestellten, dass die Fettbereitung aus Kohlenhydraten der Harnstoffbildung aus Eiweisskörpern dem allgemeinen Principe nach parallel geht.

Austritt der Blutausgaben.

§. 1473. Die möglichen Cohäsionszustände entscheiden über die Austrittswege der definitiven Ausgaben des Blutes. Was bei der gegebenen Temperatur verdampfen kann, geht in den unmerklichen Entleerungen davon. Die Perspiration, die hier vorzugsweise in Betracht kommt, führt daher Wasserdünste, Kohlensäure, Spuren von Wasserstoff, Ammoniak oder flüchtigen

Ammoniakverbindungen und organische Dämpfe fort. Die Körper, die sich bei der Temperatur des Blutes nicht verflüchtigen, treten in dem Harne, dem Kothe, der Hautabschuppung aus. Die Schwankungen der Temperatur, des Sättigungsgrades der umgebenden Medien und des äusseren Druckes führen hier zu dem mannigfachsten Wechsel der Vertheilung, wenn auch die zu Gebote stehenden Mengen der einzelnen Stoffe gleich bleiben.

Da die mannigfachen Gewebe ungleiche Anziehungserscheinungen darbieten, so müssen die aus der Ernährungsflüssigkeit zurückbleibenden Verbindungen mit den Körperorganen wechseln. Es kann dabei vorkommen, dass sich unlösliche oder schwer lösliche Nebencombinationen, die an und für sich die Wände der thierischen Gefässe schwer oder gar nicht durchdringen könnten, nachträglich erzeugen. Die in dem Harne auftretende kleesaure Kalkerde lieferte uns schon ein Beispiel der Art (§. 995). Die Ablagerungen von harnsaurem Natron und Kalk, die man in den Gelenken der Gichtischen und den ihnen benachbarten Muskeln und Sehnen antrifft (§. 986), und viele Concremente gehören ebenfalls zu dieser Art von Nebenerzeugnissen.

§. 1474. Die Folgen des Substanzverlustes, den das Blut durch die definitiven Ausgaben erleidet, können auf zweierlei Wegen ausgeglichen werden. Denken wir uns, die Blutgefässe wären starre poröse Röhren, so müsste ein dem Abgange äquivalentes Flüssigkeitsvolumen nachrücken. Könnten sie dagegen der Volumensverminderung durch die Verengerung ihres Rauminhaltes hinreichend folgen, so wäre auch ein solcher Ersatz nicht nöthig. Keines dieser Extreme kommt in der Wirklichkeit vor. Beide Arten von Einflüssen verbinden sich aber häufig in untergeordnetem Maasse mit den chemischen Anziehungserscheinungen.

Ausgleichung der Blutausgaben.

§. 1475. Die Endausgaben des wohlgenährten Geschöpfes enthalten die definitiven Ausgaben des Blutes plus den unlöslichen Nahrungsresten. Diese fallen nach und nach in dem hungernden Thiere hinweg. Diejenigen Bestandtheile der Speisen, die nur als Durchgangskörper des Blutes auftreten, fehlen von vornherein. Die mangelhafte Ernährung schwächt die Bewegungsorgane, so dass sie weniger in Anspruch genommen werden. Bedenkt man nun, dass dieser Einfluss mit der Dauer der Inanition wächst und noch Reste der früheren unverdauten Nahrungsmittel im Anfange austreten, so folgt, dass die schon an und für sich sparsameren Endausgaben des hungernden Thieres allmälig sinken werden. Die Abnahme der Blutmenge kann dieses Resultat begünstigen.

Ausgaben des hungernden Thieres.

§. 1476. Da die Lebensthätigkeiten die Athmung als Bedingungsglied voraussetzen, so hält auch die beschränkte Elementaranalyse (§. 1472) in dem hungernden Geschöpfe an. Die umgebende Atmosphäre macht den Abgang von Wasserdämpfen und die Gasdiffusion zu physikalischen Nothwendigkeiten. Der Körper verliert daher fortwährend. Da seine eigene Masse die Substrate der Zerlegung und die in den Endausgaben enthaltenen Stoffe liefern muss, so gleicht jedes hungernde Thier einem Fleischfresser, wenn es auch ursprünglich auf andere Nahrung angewiesen ist.

§. 1477. Wir können einen Fleischfresser erhalten, wenn wir ihm ein Minimum von Stickstoff führende Verbindungen neben stickstofflosen darbieten. Er gedeiht im Ganzen besser, wenn passende stickstoffreiche Nah-

rungsmittel im Ueberschuss zugeführt werden. Wir haben den gleichen Doppelfall in den verschiedenen Gruppen hungernder Geschöpfe. Wir stossen nur natürlicher Weise auf die entgegengesetzte Folgewirkung. Das Thier, das mehr stickstoffhaltige Substanzen aus seinem eigenen Körper bezieht, wird in höherem Grade angegriffen.

§. 1478. Die geringe Intensität des Kreislaufes und der Athembewegungen und die anhaltende Ruhe der meisten Körpermuskeln machen den Winterschläfer zu einem hungernden Geschöpfe, in dem nur Minimalmengen stickstoffreicher Gebilde aufgebraucht werden. Das wache, hungernde Thier dagegen geniesst diesen Vortheil nicht. Seine stickstoffhaltigen Ausgaben wachsen mit der Lebhaftigkeit des Kreislaufes, der Athmung, der übrigen Körperthätigkeiten, vorzüglich der Muskelbewegungen. Spricht man von hungernden Thieren im Allgemeinen, so ist dieses fast ebenso unbestimmt, als wenn man von ernährten redet. Wie hier die Mischung der Nahrungsmittel, so müssen bei der Inanition der Zustand der Körperthätigkeiten und die ursprüngliche Zusammensetzung der Organe entscheiden, welche Mengen die einzelnen Verlustkörper in Anspruch nehmen.

§. 1479. Die Erfahrung bestätigt dieses in auffallender Weise. Vergleichen wir nämlich die Mengen der aufgezehrten Fette mit denen der verloren gegangenen quergestreiften Muskelmassen, so erhalten wir:

Thier.	Auf 1 Grm. Fett verschwundene Muskelmasse.	Beobachter.
Murmelthiere am Ende des Winterschlafes	0,285	Ich.
Verhungerte Turteltauben . . .	1,94	Chossat.
Verhungerte trächtige Katze, die nur 1/13 bis 1/14 ihres Körpergewichtes an Wasser während der Inanitionsdauer zu sich genommen hatte.	1,5 (Fette zu den berechneten wasserfreien Eiweisskörpern überhaupt).	Bidder und Schmidt.

Da die Murmelthiere von Zeit zu Zeit erwachen und dann weit mehr stickstoffhaltige Körperverbindungen gleich anderen wachen Geschöpfen verlieren, so wird der dem Schlafe entsprechende Verhältnisswerth der Muskelmassen noch kleiner ausfallen.

Winterschlaf.

§. 1480. Die Gallenbildung dauert während der ganzen Erstarrungszeit fort. Grünschwarze Kothmassen, die aus Gallenresten, Schleim und zerstörten Epithelien bestehen, werden immer nach längeren Zwischenzeiten entleert. Der Leberzucker erhält sich in merklichen Mengen in der ersten Hälfte des Winterschlafes (§. 924). Ist er nach fünfmonatlicher Dauer desselben geschwunden, so kehrt er nach dem Erwachen nicht sogleich wieder. Die Leber von Murmelthieren, die im Frühjahre von Neuem gegessen

hatten und deren Nahrungscanal mit grünen Futterresten strotzend gefüllt war, gab mir noch keine Spur von Zucker. Er wird aber während des Winterschlafes so langsam aufgesogen, dass im Durchschnitt 0,004 Grm. verschwindenden Zuckers 1 Grm. aufgezehrten Fettes entsprechen.

§. 1481. Die tägliche Harnabsonderung ist auf ein Minimum zurückgeführt. Der saure Urin, der sich seit Wochen angesammelt hat, giebt zwar nach dem §. 968 erläuterten Titrirungsverfahren mehr Harnstoffprocente als der Urin von Murmelthieren, die Nahrung zu sich genommen haben. Der Unterschied beträgt aber weniger als ein halbes Procent. Die durchschnittliche tägliche Harnstoffmenge erreicht nicht die Grösse von 0,020 Grm. für 100 Grm. Körpergewicht.

Endausgaben hungernder und ernährter Thiere.

§. 1182. Bidder und Schmidt berechnen für die täglichen Bestandtheile der Endausgaben der Katze unter verschiedenen Nebenverhältnissen:

Nebenverhältnisse.	Tägliche Ausscheidungen in Grm. für 100 Grm. Körpergewicht.						
	Athmung.		Harn und Koth.				
	Kohlensäure.	Wasser.	Wasser.	Harnstoff.	Salze.	Schwefel.	Phosphorsäure.
Hungernd mit sehr geringer Wassereinnahme	2,16	1,60	2,24	0,20	0,029	0,003	0,011
Hungernd bei reichlicher Wasseraufnahme	1,63	1,56	5,55	0,12	0,023	0,004	0,007
Normale Fleischfütterung ohne Wasser	2,13	1,71	2,35	0,31	0,046	0,009	0,018
Desgl. mit Wasser	2,03	1,54	5,06	0,30	0,044	0,009	—
Grösstmögliche Fleischnahrung	3,49	1,47	6,77	0,52	0,076	0,015	—

0,08 % Koth kommen noch für das hungernde Thier in der ersten Rubrik hinzu.

Obgleich die gegenwärtigen chemischen Hülfsmittel alle zu sehr auf Einzelnheiten ausgedehnte Rechnungen als hypothetisch erscheinen lassen, so können doch diese Zahlen als anschauliche Belege dienen, dass die Endausgaben des hungernden Geschöpfes sparsamer als die des genährten sind und die Umsatzproducte der Eiweissnahrung mit der reichlicheren Menge der Fleischspeisen beträchtlich zunehmen. Das hungernde Geschöpf verbraucht im Anfange, nach Bidder und Schmidt, verhältnissmässig mehr Eiweisskörper als Fett. Die in dem Kothe davongehende Gallenquantität nimmt im Laufe der Inanition zu. Die Einfuhr einer reichlicheren Wassermenge erhöht nicht die Intensität des Umsatzes der Körpertheile.

Zwischenmetamorphose.

§. 1483. Das hungernde Geschöpf bestreitet natürlich die Endausgaben aus dem Blute und den übrigen Körpergeweben. Das Maass seiner Thätigkeiten, vorzüglich des Kreislaufes, der Athmung und der Bewegungen bestimmt die Mengen jener Ausscheidungen. Dieser Factor kehrt auch in dem nicht fastenden Thiere wieder. Seine Ausgaben enthalten daher unzweifelhaft einen Partialquotienten, der aus zerlegten Körpergeweben entstanden ist. Man hat hingegen häufig die Ansicht aufgestellt, dass auch die übrigen Ausscheidungsmassen die Zwischenstufe der Umwandlung in Körpergebilde durchlaufen müssen, ehe sie oder ihre Aequivalente in den Endausgaben zum Vorschein kommen.

Uebergang in Galle.

§. 1484. Liebig stellte die Ansicht auf, dass die vom Darme aufgesogene Galle in Kohlensäure und Harnstoff zerlegt werde. Nimmt man auch die höchsten Schätzungswerthe der täglichen Gallenmengen, so enthalten sie weniger Stickstoff, als in dem Harnstoff des Urines davongeht. Wir haben schon §. 929 gesehen, dass nur 4 % des Kohlenstoffes, welcher in 24 Stunden in der Katze verbrennt, von der Galle herrühren. Man darf daher mit Sicherheit annehmen, dass der grösste Theil der stickstoffhaltigen Endausgaben von Gallenstoffen nicht herrührt.

Uebergang in Harnstoff.

§. 1485. Liebig und Bischoff glauben, dass die in reichlicherer Menge eingeführten Eiweisskörper den Umsatz in Körpergewebe durchmachen, ehe sie die verhältnissmässig grösseren Quantitäten von Harnstoff für den Harn liefern (§. 983). Es unterliegt keinem Zweifel, dass diese Vermehrung des Harnstoffes auch ohne stärkere Muskelbewegung möglich ist. Die Ansicht, dass auch das Eiweiss des Blutes Harnstoff erzeugen müsste, wenn ein unmittelbarer Umsatz, bei dem er als Nebenproduct auftritt, möglich wäre, hat keine sichere Grundlage nach unseren gegenwärtigen Kenntnissen. Wir wissen nicht, welche feinere Bedingungen hier eingreifen und unter welchen Beziehungen die Erregung des nebenbei vorhandenen Sauerstoffes (§. 215) zu Stande kommt. Gehen Körper, wie Leim, Harnsäure und Alloxanthin, die nicht ernähren, im Blute in Harnstoff über (§. 1038), so kann man sich auch einfacher denken, dass ein Theil der eingeführten Nahrungssubstanzen sogleich Zersetzungen erleidet, bei denen Harnstoff nebenbei gebildet wird.

Bildung des Harnstoffes

§. 1486. Obgleich man bis jetzt den Vorgang der Harnstofferzeugung noch nicht kennt, so lässt sich doch annehmen, dass er nicht als solcher in das Blut tritt, sondern erst in ihm gebildet wird. Die Fleischflüssigkeit enthält, nach Liebig, keine Spur von Harnstoff. Die Muskelthätigkeit vergrössert aber den Harnstoffgehalt des Urines. Nur die Fleischflüssigkeit von Fröschen, in denen früher die Leber ausgerottet worden, führt, nach Moleschott, kleesauren Harnstoff. Harnsäure und Hippursäure verhalten sich ihren Bildungsstätten nach wie Harnstoff. Das Kreatin dagegen kommt schon in der Fleischflüssigkeit selbst vor.

Milchsäure

§. 1487. Ein Theil der Kohlenhydrate kann ebenfalls die mannigfachsten Zwischenstufen durchlaufen. Die Stärke ($C_{12}H_{10}O_{10}$) giebt Traubenzucker ($C_{12}H_{12}O_{12}$ + 2 HO) und Milchsäure ($C_{12}H_{10}O_{10}$. 2 HO). Die letztere dient oft zur Ansäuerung der alkalischen Säfte, indem sie sich mit einem Theile der Basis der basisch phosphorsauren Alkalien verbindet. Der Uebergang in Fett, in Buttersäure ($C_8H_7O_3$. HO) und das Vorkommen

von Essigsäure ($C_4 H_3 O_3$. HO), Ameisensäure ($C_2 H O_3$. HO) oder Kleesäure ($C_2 O_3$) lassen sich zum Theil aus demselben Gesichtspunkte auffassen.

§. 1488. Der Magen der Murmelthiere enthält im Anfange des Winterschlafes eine grauweisse, zuckerreiche Flüssigkeit, die keinen Rest früherer Nahrungseinnahmen, sondern ein Absonderungsproduct bildet. Sie schwindet in der Folge eben so gut als der Leberzucker. Es wäre möglich, dass der Traubenzucker, der von der Leber aus in das Blut gelangt, erst zum Theil an anderen Orten abgesetzt wird, ehe er gänzlich zu Grunde geht.

Wanderung des Zuckers.

§. 1489. Die Leichtigkeit, mit der sich die Fettsäuren unter dem Einflusse des Sauerstoffes umwandeln, lässt mit Recht vermuthen, dass auch hier eine Reihe von Zwischenmetamorphosen vor der gänzlichen Verbrennung zu Stande kommt. Dieser Umstand erklärt es, weshalb die Fettmassen der Thiere Gemenge der verschiedensten fettsauren Salze bilden (§. 1471).

Umwandelung der Fette.

§. 1490. Die Mannigfaltigkeit der Zerlegungsproducte bedingt auch die der Ausscheidungskörper, die wir in den merklichen Entleerungen antreffen. Der Harn des Menschen führt daher nicht bloss den stickstoffreichen Harnstoff ($C_2 H_4 N_2 O_2$), sondern auch die stickstoffärmere Harnsäure ($C_{10} H_2 N_4 O_4$. 2 HO), die noch weniger Stickstoff und mehr Kohlenstoff führende Hippursäure ($C_{18} H_8 N O_5$. HO) und das Kreatin ($C_8 H_9 N_3 O_4$ + 2 HO). Diese Verbindungen erscheinen im Harne, weil sie aus den Blutgefässen in die Harncanälchen ohne Zersetzung durchfiltriren können. Viele andere Körper dagegen, denen diese Eigenschaften nicht zukommen oder die früher zerlegt werden, fehlen im Urine. Die einzelnen Quantitäten jener Verbindungen werden mit allen Momenten, welche auf die Zerlegung wirken, wechseln. Es ist daher nicht gerechtfertigt, nur den Harnstoff oder irgend eine andere einzelne Verbindung als Maass des Stoffwechsels anzusehen, die Menge der verbrauchten Eiweisskörper nach ihr zu berechnen oder die Nieren als die alleinigen Vermittler der Stickstoffausscheidung zu betrachten und die Absonderung in den Darm zu vernachlässigen.

Mannigfaltigkeit der Ausscheidungsproducte.

§. 1491. Die unorganischen Substanzen, die in den Entleerungen davon gehen, bilden Reste nicht aufgenommener Substanzen, blosse Durchgangskörper des Blutes, Residua des Umsatzes der Gewebe oder neue Verbindungen, bei denen sich meist der Sauerstoff betheiligt hat. Die grösste Menge der Kieselsäure verlässt den Darm, ohne an dem Körperumlaufe Antheil genommen zu haben. Eine geringe Quantität tritt in dem Urine aus, während ein Minimum den Horngeweben dienen kann. Hat ein Hund Knochen verzehrt, so führen auch die Excremente viel Kalksalze ab. Die Talkerdesalze werden in relativ geringeren Mengen aufgenommen. Die Ammoniakbildung in den dicken Gedärmen (§. 328) erklärt es daher, weshalb in der Regel Krystalle von Tripelphosphat in den Excrementen vorkommen (§. 317). Viele Salze durchlaufen die Blutmasse, um als Bestandtheile des Harnes nach Kurzem wieder zu erscheinen (§. 1041).

Ausgaben unorganischer Körper.

§. 1492. Der Urin der hungernden Geschöpfe führt immer schwefelsaure und phosphorsaure Alkalien und Erdphosphate, die der Umsatz der Körpergebilde erzeugt hat. Ein Theil der Schwefel- und der Phosphorsäure rührt von der Verbrennung von Schwefel und Phosphor der veränderten Eiweisskörper her. Das Chlornatrium verschwindet bald aus dem

Harne (§. 1411). Die Excremente der erstarrten Murmelthiere, die seit längerer Zeit keine Nahrung zu sich genommen, enthalten nie Krystalle von Tripelphosphat.

§. 1493. Die Kohlensäure, welche die beschränkte Elementaranalyse liefert, bedingt wahrscheinlich die Bildung von doppelt kohlensaurem Natron im Blute (§. 1450). Die phosphorsauren Alkalien, welche die Samen und viele andere pflanzliche Nahrungsmittel und die meisten Thierstoffe enthalten, tragen zur Alkalescenz der Lymphe und des Blutes und der Lösung vieler Eiweisskörper bei. Ihr Austritt führt wahrscheinlich oft zu festen Niederschlägen von Eiweissmassen, die sie früher begleitet haben (§. 1466). Die Beziehungen, in denen das im Speichel auftretende Rhodankalium (K . C_2NS_2) (§. 230) und die geringen Mengen von Eisen, Mangan oder anderen Metallen der meisten Thiergewebe zum Stoffwechsel stehen, sind noch gänzlich unbekannt.

§. 1494. Das eingeführte Eisen hat eine grössere Neigung, in dem Darme als im Harne auszutreten. Hatten Buchheim und Meyer milchsaures Eisen in die Drosselblutadern von Katzen gespritzt, so fanden sich Eisensalze in den Absonderungen der Schleimhäute des Nahrungscanales und der Lungen. Der Darmschleim enthielt viel Eisen, während nur wenig in den Harn überging. Verbindet sich das Eisen mit Schwefel, so dass die Excremente schwarz werden, so kommt, nach Lehmann, einfaches (FeS) und nicht zweifaches Schwefeleisen (FeS_2) zum Vorschein. Die Thatsache, dass Eisenkaliumcyanid ($Fe_2Cy_3 + 3\,KCy$) als Eisenkaliumcyanür ($FeCy + 2\,KCy + 3\,HO$) im Harne erscheint, rührt von der Anwesenheit von Harnsäure her.

Zwischenkreislauf der Stoffe.

§. 1495. Der hohe Wassergehalt der meisten Gewebe und die poröse Beschaffenheit der Gefässwände bilden die Hauptursachen des Zwischenkreislaufes der Thierstoffe (§. 1458). Die Absonderungen, von denen ein grosser Theil in der Folge in das Blut zurückkehrt, und die Lymphe führen mehr als $^9/_{10}$ ihres Gewichtes an Wasser. Dieses hat daher den höchsten Werth des intermediären Kreislaufes. Bidder und Schmidt nehmen an, dass täglich $^1/_4$ bis die Hälfte des gesammten Wassergehaltes, den der Körper der Katze besitzt, aus dem Blute tritt. Nur $^2/_9$ bis $^2/_5$ dieser Menge geht in den Endausgaben davon, während das Uebrige zur Blutmasse später zurückkehrt. Die dem Zwischenkreislaufe verfallenden Salzmengen übertreffen die in den Endausgaben davon gehenden Quantitäten, während die Elementarbestandtheile der organischen Verbindungen das Umgekehrte darbieten sollen.

Optische Eigenschaften der Gewebe.

Interferenz und Polarisation.

§. 1496. Alle optischen Erscheinungen, die nur von dem geradlinigten oder eingeknickten Verlaufe der Lichtstrahlen abhängen, lassen sich geometrisch darstellen, ohne dass man auf irgend eine Vorstellung, wie das Licht entsteht, Rücksicht zu nehmen braucht. Die Interferenz und die Polarisation dagegen können nur nach der Theorie der Wellenlehre des Lichtes genügend erläutert werden (§. 234).

Die Gesetze der Zurückwerfung und der Brechung (§. 237), die in die erstere Kategorie gehören, finden ihre Hauptanwendung in der Physiologie des Auges. Wir werden daher auf sie in der Lehre vom Sehen zurückkommen. Wir müssen dagegen hier die Interferenz- und die Polarisationserscheinungen genauer betrachten, weil viele Färbungen thierischer Theile aus Interferenzwirkungen hervorgehen und die meisten organischen Gewebe doppelt brechende Eigenschaften haben und daher die gewöhnlichen sie durchsetzenden Lichtstrahlen polarisiren (§. 247).

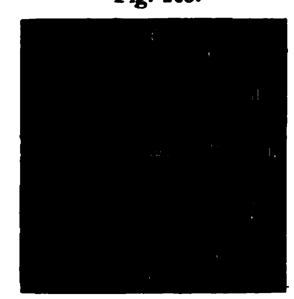
Licht und Finsterniss

§. 1497. Sind die Aethertheilchen in Ruhe, so heben sich ihre wechselseitigen Anziehungs- und Abstossungskräfte auf. Treibt aber ein Anstoss ein Aethertheilchen aus seiner Gleichgewichtslage, so sucht es die elastische Rückwirkung (§. 475) nach seinen früheren Orte zurückzuführen. Die Summation dieser beiden Einflüsse führt zu Schwingungen, die uns als Licht erscheinen, wenn sie unsere Netzhaut zu oft wiederholten Malen treffen. Ein einzelner Stoss oder die Ruhe führt zur Auffassung der Finsterniss.

Schwingung.

§. 1498. Denken wir uns, *a*, Fig. 265, sei die Gleichgewichtslage eines Aethertheilchens, das ein Anstoss in geradliniger Richtung nach *b* fortzutreiben sucht. Es wird in dieser Bahn so lange weiter schreiten, bis sich die von dem Impulse erzeugte und die von der elastischen Rückwirkung bedingte Geschwindigkeit als gleiche und entgegengesetzte Grössen aufheben. Wir wollen annehmen, dass der Ort, an dem auf diese Weise die Schnelligkeit Null wird, *b* sei. *a b* bildet dann das Maximum der Ausweichung oder der Elongation, die Oscillationsamplitude oder die Schwingungsweite des Aethertheilchens *a*. Da die elastische Rückwirkung mit der Elongationsgrösse wächst, so geht *a* mit abnehmender Geschwindigkeit nach *b*.

Fig. 265.



Ist diese in *b* Null geworden, so führt die Reaction das Theilchen mit beschleunigter Geschwindigkeit nach *a*. Die Unterschiede der den einzelnen Bahnstrecken zukommenden Schnelligkeiten nehmen dabei mit der Annäherung an *a* ab. Obgleich das Aethermolecül *a q*, Fig. 265, rascher als *q r* und *q r* schneller als *r b* durchläuft, so ist doch die Differenz der Geschwindigkeiten von *a q* und *q r* kleiner als die von *q r* und *r b*. Das Molecül *a* hat seine grösste Geschwindigkeit oder seine Schwingungsintensität bei der Rückkehr nach *a* erreicht. Sie ist eben so gross als die, welche *a* durch den ursprünglichen Anstoss erhalten hatte (§. 475). Treibt jetzt die Trägheit das Molecül *a* mit abnehmender Geschwindigkeit nach der entgegengesetzten Seite, so muss die Amplitude *a c* so gross wie *a b* werden. Hat das Theilchen die Geschwindigkeit Null in *c*, so kehrt es mit beschleunigter Schnelligkeit nach *a* und mit abnehmender nach *b* zurück. Ein Impuls würde auf diese Art eine unendliche Zahl von Schwingungen eines Aethertheilchens erzeugen, wenn dieses vollkommen isolirt

wäre und Nichts von seiner lebendigen Kraft an Nachbarmolecüle abgeben könnte.

Phase.

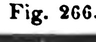
§. 1499. Alle hier in Betracht kommenden Verhältnisse lassen sich als Kreisfunctionen mathematisch ausdrücken. Wir wollen annehmen, die Schwingung des Molecüles beginne zur Zeit t, während die **Schwingungsdauer** oder die Zeit, in welcher das Molecül, die Wege ab, ba, ac und ca durchläuft, δ ist, a' sei die Entfernung von der Gleichgewichtslage zu einer beliebigen Zeit $t - t'$ und a das Maximum der Amplitude, endlich c' und c die zu diesen beiden Fällen gehörenden Geschwindigkeiten. Beschreiben wir um die Gleichgewichtslage a einen Kreis mit der Amplitudengrösse ab, so drückt die Peripherie desselben die Schwingungsdauer δ aus, wenn die Abscissen aq, ar, ab den Elongationen a' und die Ordinaten af, eq, dr den Geschwindigkeiten c' entsprechen. Setzen wir 0° oder, was dasselbe ist, 360°, d. h. den Anfang oder das Ende der Schwingungsdauer, t oder $2t$ an f und mithin 90° an b und bestimmen die Werthe von a' und c' für die Anfangs- oder die Endpunkte der einzelnen Quadranten, so haben wir:

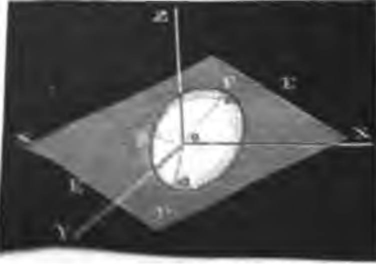
$b =$ 90° oder $n \times$ 90° $a' = + a$ $c' = + 0$
$l =$ 180° oder $n \times$ 180° $a' = + 0$ $c' = + c$
$c =$ 270° oder $n \times$ 270° $a' = - a$ $c' = - 0$
$f =$ 360° oder $n \times$ 360° $a' = - 0$ $c' = - c$.

Die Amplituden erreichen daher ihre Maxima und ihre Minima wie die Sinus und die Geschwindigkeiten wie die Cosinus. Dieses giebt ein passendes Mittel, die **Phase** oder den Schwingungszustand eines Theilchens in einem gegebenen Augenblicke auszudrücken. Wählten wir hierzu den Bogen, z. B. fe oder $2\pi \frac{t - t'}{t}$, so heisst dieses, dass seit dem Anfange t der Schwingung die Zeitgrösse fe oder eben so viel von der Schwingungsdauer δ verflossen ist, als der Bogen fe von 360° ausmacht. Der Sinus dieses Bogens, aq entspricht der Ausweichung von der Gleichgewichtslage a und der Cosinus eq der Geschwindigkeit in dem gegebenen Augenblicke.

Polarisationsellipsoid.

§. 1500. Da die Kräfte, mit denen die Aethertheilchen auf einander wirken, Functionen ihrer gegenseitigen Abstände bilden, so stört auch die Verrückung eines Theilchens die Gleichgewichtsruhe der anderen. Die Schwingung pflanzt sich daher nach allen Richtungen hin fort. Der allgemeinste Fall besteht darin, dass die Unruhe des Aethermolecüles O, Fig. 266, bei einer bestimmten Wellenlänge und Wellenfläche nach den drei Raumdimensionen X, Y, Z mit ungleichen Geschwindigkeiten weiter schreitet. Sie hat daher die ungleichen Wege $O\alpha$, $O\beta$, $O\gamma$ in der gleichen Zeit durchlaufen. Der Rauminhalt, dessen Aethertheilchen in ihrer Ruhe in der Zeiteinheit gestört werden, bildet ein Ellipsoid, das zum **Polarisationsellipsoid** wird, wenn man sich


Fig. 266.



polarisirtes Licht und eine rechtwinkelige Durchkreuzung der Achsen $O\alpha$, $O\beta$ und $O\gamma$ denkt.

§. 1501. Die Wellenfläche heisst diejenige Oberfläche, in der sich alle Aethertheilchen in gleichen Phasen zu denselben Zeiten befinden oder die Unruhe gleichzeitig anlangt. Die Oberfläche des Polarisationsellipsoides wird daher die Wellenfläche ihrer verschieden gerichteten Strahlen (§. 234) liefern.

Wellenfläche.

§. 1502. Hat der Aether eine wägbare Masse durchdrungen, so ändert die Wechselwirkung mit den körperlichen Molecülen die gegenseitigen Abstände der Aethertheilchen. Die optischen Erscheinungen variiren daher nach Maassgabe der einzelnen ponderabeln Stoffe. Eine Substanz, welche die Fortpflanzungsgeschwindigkeit verkleinert, bricht das Licht stärker. Haben die körperlichen Theilchen, z. B. der Krystalle, eine ungleiche Anordnung ihrer Molecüle je nach ihren verschiedenen Raumdimensionen, so schreiten die Erschütterungen der Aethertheilchen mit verschiedener Geschwindigkeit je nach den verschiedenen Raumdurchmessern fort. Man erhält auf diese Weise ungleiche Elasticitätsachsen (§. 247).

Einfluss der Körper.

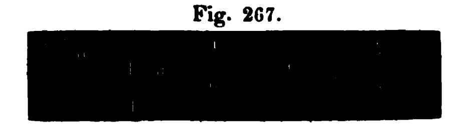
§. 1503. Die anisotropen Mittel besitzen drei oder zwei unter sich ungleiche Elasticitätsachsen, während alle drei in den isotropen Mitteln übereinstimmen. Jene bilden die doppelt und diese die einfach brechenden Körper. Die einachsigen doppelt brechenden Substanzen, welche die Physiologie vorzugsweise interessiren, haben zwei Achsen $O\alpha$ und $O\beta$, Fig. 266, gleich und die dritte $O\gamma$ ungleich. Die Wellenfläche ist dann die eines Ellipsoids, wenn nicht der Strahl in bestimmten, später anzugebenden Richtungen innerhalb des Mittels fortschreitet. Da aber alle drei Achsen $O\alpha$, $O\beta$ und $O\gamma$ die gleiche Grösse in den einfach brechenden Körpern darbieten, so erhält man hier sphärische Wellenflächen. Besitzen sie Halbmesser, die man als unendlich gross betrachten kann, so hat man ebene Wellenflächen. Man spricht daher in diesem Falle von ebenen Wellen.

Anisotrope und isotrope Mittel.

§. 1504. Wir wollen nun den Gang der Mittheilung in einem einzelnen Lichtstrahle (§. 234) oder nach einer Raumdimension betrachten. bc, Fig. 267, sei ein Strahl, in dem die Lichterregung von b nach c mit sich gleich bleibenden Amplituden fortschreitet. Das Aethertheilchen b kann erst die Gleichgewichtsverhältnisse seines Nachbartheilchens stören, wenn es selbst aus der Gleichgewichtslage verrückt worden (§. 1500). Die Schwingungen von e fangen daher um eine gewisse Zeit später als die von b, die von g später als die von e an. Hat b seine grösste Amplitude bd erreicht, so ist e nur bis f, g bis h gekommen, während i seine Gleichgewichtslage eben verlassen will. Zieht man eine Curve, welche die gleichzeitigen Stellungen d, f, h, i der benachbarten Molecüle b, e, g, i verbindet, so erhält man den entsprechenden Theil der Wellenlinie $dfhi$.

Wellenlinie.

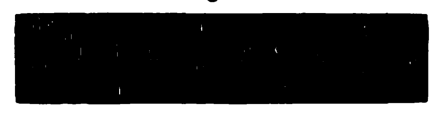
Fig. 267.



§. 1505. Denken wir uns, i habe seine zweite Schwingung eben vollendet, während k noch $1/4$, m $1/2$, o $3/4$, p die ganze, q $1 1/4$, s $1 1/2$, u $1 3/4$

und *c* die doppelte Schwingungszeit zu durchlaufen hat, so wird die Wellenlinie die Form *ilmnprstc* annehmen. Das Wellenthal *ilm* ist nach unseren Voraussetzungen dem Wellenberge *mnp* congruent, aber entgegengesetzt. Wir müssen daher die eine Wellenhälfte als positiv und die andere als negativ ansehen.

Fig. 268.



Die Aethertheilchen *i*, *p* und *c* befinden sich in gleichen Phasen in denselben Augenblicken, während alle zwischen *i* und *p* oder *p* und *c* befindlichen Theilchen andere Phasen als *i*, *p*, *c* darbieten. Die Wellenlänge λ ist diejenige geradlinigte Raumstrecke oder der Theil des Lichtstrahles, dessen Grenzmolecüle dieselben Phasen zu denselben Zeiten besitzen. *ip* und *qc* sind daher zunächst die Wellenlängen in unserem Beispiele. Da aber ein Theilchen, das um eine gewisse Distanz von *i* nach *p* verrückt ist, dieselben Phasen hat, wie ein Theilchen, das um eben so viel von *p* nach *c* verschoben ist, so erhellt, dass die Wellenlänge von der Gleichheit, nicht aber von den Einzelgrössen der Phasen abhängig ist. Hieraus folgt, dass sie auch für alle Werthe der vollen Amplituden wiederkehrt.

Man hat wieder $\alpha' = + a$ für $^1/_4\ \lambda$, $\alpha' = + 0$ für $^1/_2\ \lambda$, $\alpha' = - a$ für $^3/_4\ \lambda$ und $\alpha' = - 0$ für λ, wenn man die erste Wellenhälfte positiv nimmt. Es kehren also hier die §. 1499 erläuterten Verhältnisse wieder. Die Wellenlinie ist eine Sinuslinie, aus deren Gleichung sich die Elongation eines Aethertheilchens in einem beliebigen Augenblicke berechnen lassen wird, wenn man die ursprüngliche Entfernung desselben von dem Anfange der Schwingung, die volle Amplitude und die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Unruhe kennt.

Wellenlänge.

§. 1506. Der relative Ablenkungscoëfficient zweier Mittel (§. 239) gleicht den Quotienten der Fortpflanzungsgeschwindigkeiten derselben. Ein stärker brechendes Medium lässt die Unruhe der Aethermolecüle langsamer als ein schwächer ablenkendes weiter schreiten. Da die Schwingungsdauer oder die Zeit, während der sich die Unruhe um eine Wellenlänge in linearer Richtung fortpflanzt, eine constante Grösse bildet, so folgt, dass stärker brechende Mittel kleinere Wellenlängen und umgekehrt darbieten müssen. Man sieht hieraus, dass es am vortheilhaftesten wäre, die allgemeinen Angaben der Wellenlängen auf den leeren Raum zurückzuführen. Die gewöhnlichen, §. 1511 mitgetheilten Zahlen beziehen sich auf die atmosphärische Luft. Da der Ablenkungscoëfficient von dieser 1,000294 ist, wenn der leere Raum 1 hat, so entstehen hierdurch Unterschiede, welche die Grenze der Beobachtungsfehler nicht überschreiten. Geht hingegen eine Lichtwelle, welche die Länge λ hat, aus der Luft in Glas über, dessen Brechungscoëfficient 1,5 ist, wenn der der Atmosphäre der Einheit gleicht, so wird auch seine Wellenlänge in $\frac{\lambda}{1,5}$ umgeändert werden.

Farbiges und weisses Licht.

§. 1507. Zweierlei Grössen bestimmen die beiden Haupteigenschaften des Lichtes. Seine Stärke oder Intensität hängt von der lebendigen Kraft, d. h. von den Producten der Masse in das Quadrat der Geschwin-

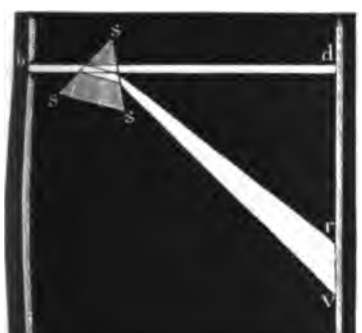
digkeit, oder wenn man die Masse eines jeden Aethertheilchens bei der Gleichheit aller zur Einheit nimmt, relativ von dem Quadrate der grössten Elongation oder, wie man sich ausdrückt, von dem Quadrate der Amplitude a^2 ab. Die Eigenthümlichkeit der Farbe dagegen rührt von der Wellenlänge λ her. Was wir weisses Licht nennen, geht aus der Zusammensetzung einer grossen Menge Strahlen von den verschiedensten Wellenlängen und bestimmten Intensitäten hervor, die unser Auge nicht mehr gesondert unterscheiden kann.

§. 1508. Die Differenz der Wellenlängen hat zunächst zur Folge, dass sich die mannigfachen farbigen Lichterregungen mit ungleichen Geschwindigkeiten fortpflanzen (§. 1504) und daher ungleiche Brechungscoëfficienten besitzen. Die Zerstreuung oder Dispersion giebt ein Mittel, die in dem weissen Lichte enthaltenen farbigen Strahlen in homogene, wahrnehmbare Gruppen von Farbenstrahlen zu sondern.

Farbenspectrum.

§. 1509. Ein Bündel von Sonnenstrahlen, die man durch eine runde Oeffnung *b*, Fig. 269, eines dunkelen Zimmers wagerecht einfallen lässt, liefert einen hellen Kreis *d* auf einem gegenüberstehenden senkrechten Schirme. Hat man dagegen ein Glasprisma *sss* eingeschaltet, so werden die Strahlen abgelenkt, so dass das Bild in *rv* zu stehen kommt. Es zeigt die dicken, ungleich lichtstarken oder verschieden intensiven Hauptfarben des Spectrum, Roth, Orange, Gelb, Grün, Hellblau, Dunkelblau und Violett, wie es Fig. 270 (a. f. S.) darzustellen sucht. Da sie allmälig in einander übergehen, so würde man keine bestimmten Orte zu ferneren Bestimmungen angeben können, wenn nicht die ausserdem noch vorhandenen Frauenhofer'schen Linien zuverlässige Anhaltspunkte möglich machten.

Fig. 269.



Linien des Spectrum.

§. 1510. Die auf dem Längendurchmesser des Spectrum senkrecht stehenden dunkelen Linien können schon mit freiem Auge gesehen werden, wenn man eine zweite der ersten parallele Spalte unmittelbar vor dem Prisma und zwischen diesem und dem Schirme eine achromatische Linse einschaltet. Lässt man die einzelnen Theile des Spectrum in dem Gesichtsfelde eines Fernrohres erscheinen, so bemerkt man viele neue Streifen, die dem unbewaffneten Auge entgangen waren. Manche, die früher einfach erschienen, lösen sich in zahlreiche feinere Linien auf. Das Sonnenspectrum liefert auf diese Weise mehr als 600 Streifen. Nimmt man andere Lichtquellen, so können auch andere Mengen und Vertheilungen der Streifen zum Vorschein kommen. Schaltet man eine von ebenen Glasplatten begrenzte Säule von Joddämpfen oder von salpetriger Säure (NO_3) ein, so bemerkt man neue Linien, die auf Interferenzen beruhen. Da aber die Hauptlinien des Sonnenspectrum bei dem Gebrauche der aus den verschie-

Fig 270.



densten Substanzen angefertigten Prismen wiederkehren, so folgt, dass sie davon herrühren, dass die Wellenlängen der Farbenstrahlen nicht stetig, sondern zum Theil sprungweise zunehmen.

§. 1511. Man bezeichnet einzelne der stärkeren Linien mit besonderen Buchstaben *A* bis *J*, Fig. 270. Interferenzerscheinungen, die wir später kennen lernen werden, machen es möglich, dass man die einzelnen, den Nachbarbezirken dieser Linien entsprechenden Längen der farbigen Wellen bestimmt. Legt man das Sonnenspectrum zum Grunde, so hat man 0,0006897 Mm. für die Wellenlänge bei *B* im Roth. *C* giebt 0,0006559 Mm., *D* im Orange 0,0005888 Mm., *E* des Grün 0,0005265 Mm., *F* des Hellblau 0,0004856 Mm., *G* des Dunkelblau 0,0004296 Mm. und *H* des Violett 0,0003963 Mm. Da das Roth die längsten Wellen, folglich die grösste Fortpflanzungsgeschwindigkeit und daher den kleinsten Ablenkungscoëfficienten besitzt, so erscheint auch das Roth *r* an dem der Horizontallinie *b d*, Fig. 269 S. 439, näheren Theile des Spectrum, während das Violett *v*, welches die entgegengesetzten Verhältnisse darbietet, das andere Ende *v* einnimmt.

Innere Dispersion.

§. 1512. Die thermischen und die chemischen Wirkungen des Spectrum lehren, dass es sich noch weiter erstreckt, als wir an seinen Farben erkennen. Die sogenannte innere Dispersion liefert ein Mittel, einen Theil der Farbenstrahlen, die unser Auge unter den gewöhnlichen Verhältnissen nicht bemerkt, sichtbar zu machen. Mischt man das käufliche basisch schwefelsaure Chinin [$2(C_{20}H_{12}NO_2) \cdot HO \cdot SO_3 + 6HO$] mit Wasser und setzt ein paar Tropfen Schwefelsäure hinzu, damit es in das leicht lösliche neutrale Salz ($C_{20}H_{12}NO_2 \cdot HO \cdot SO_3$) verwandelt werde, so erhält man eine dichroitische Flüssigkeit. Sie ist durchsichtig in durchfallendem Lichte, während ihre Oberfläche und eine sehr dünne, darunter liegende Schicht himmelblau erscheinen, wenn die reflectirten Strahlen derselben in das Auge gelangen. Betrachtet man das Farbenspectrum durch eine mit ebenen Glasplatten geschlossene Röhre, die eine solche Lösung von

neutralem schwefelsauren Chinin enthält, und rückt allmälig von dem Roth nach dem Violett oder von *A* nach *J*, Fig. 270, so bemerkt man noch Blauviolett eine Strecke weit jenseit *J*. Man sieht im strengsten Sinne des Wortes ein Stück der gewöhnlichen Finsterniss. Die verschiedensten Chininsalze, Blattgrün, eine Abkochung der Rinde der Rosskastanie, Guajac, Safran und viele andere Pflanzenproducte bieten die innere Dispersion dar.

Diese Erscheinungen, auf welche Brewster und Herrschel zuerst aufmerksam machten, die aber Stockes in neuerer Zeit am ausführlichsten untersuchte, rühren davon her, dass der Einfluss der körperlichen Molecüle die Beschaffenheit der zurückgeworfenen Lichtstrahlen wesentlich ändert. Das einfallende Licht von einem bestimmten Grade der Brechbarkeit verwandelt sich bei der inneren Dispersion in Licht von verschiedenartiger und geringerer Brechbarkeit. Da ein kleinerer Ablenkungscoëfficient einer grösseren Fortpflanzungsgeschwindigkeit und mithin einer beträchtlicheren Wellenlänge entspricht, wir aber die kürzesten Wellen in dem Violett *J*, Fig. 270, haben, so folgt, dass die innere Dispersion die zu kleinen, jenseit *J* liegenden Wellenlängen vergrössert und daher gleichsam in Violett für unser Auge verwandelt. Mag der einfallende Strahl polarisirt sein oder nicht, so liefert doch die innere Dispersion immer unpolarisirtes Licht.

Die Unfähigkeit unseres Auges, die Farben von allzu kurzen Wellenlangen wahrzunehmen, könnte möglicher Weise darin liegen, dass die Hornhaut, die wässerige Feuchtigkeit, die Krystalllinse oder der Glaskörper jene Lichtwellen nicht durchlasst. Die früheren Versuche, welche Bruecke mit Guajac anstellte, schienen diese Ansicht zu unterstützen. Die neueren Beobachtungen von Donders und van Rees lehrten aber, dass sich das Spectrum auf einem mit einer Lösung von schwefelsaurem Chinin bestrichenen Schirme verbreitert, wenn auch die Lichtstrahlen jene brechenden Medien des Auges vorher durchsetzen müssen.

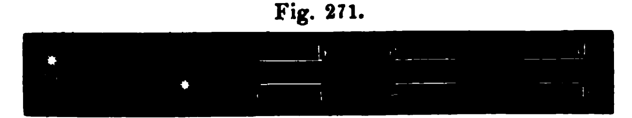
Interferenz.

§. 1513. Die Interferenz besteht in der gleichzeitigen Erregung eines Aethermolecüles durch zwei oder mehrere Kräfte. Da die Summe der Anstösse einer endlichen Grösse oder Null gleichen kann, so wird die Interferenz nicht immer Lichtempfindung erzeugen.

Verstärkende Interferenz.

§. 1514. Wir wollen annehmen, die ausgezogenen Linien *ab* und *ef*, Fig. 271, entsprechen den positiven und die punktirten *bc* und *fg* den ne-

Fig. 271.



gativen Wellenhälften der gleichfarbigen, nicht polarisirten, unendlich nahen Wellenzüge *ad* und *eh*. Denken wir uns, sie träfen an der Interferenzstelle so zusammen, dass sich die Anfänge der Wellenlängen *a* und *e* genau deckten, so werden alle ihre Molecüle die gleichen Phasen zu gleichen Zeiten darbieten. Ihre Amplituden summiren sich daher. Die Aethertheilchen schwingen an der Interferenzstelle mit der Summe der Amplituden der Partialstrahlen, so dass die Helligkeit verstärkt wird. Wäre *ab* um ein gerades Multiplum einer ganzen Wellenlänge voraus, so würde das Ergeb-

niss dasselbe bleiben. S_1 S_2, Fig. 272, zeigt zwei solche Partialstrahlen, deren Interferenz den lichtstärkeren Strahl S bedingt.

Fig. 272.



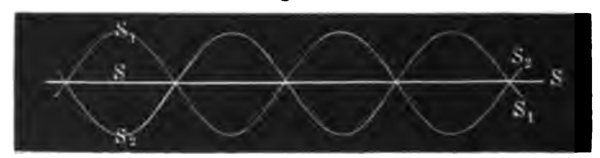
Aufhebende Interferenz.

§. 1515. Sind die Strahlen *ad* und *eh*, Fig. 273, so verschoben, dass der Anfang einer negativen Wellenhälfte *b* und der einer positiven *f* interferirend zusammenfallen, so werden sich gleichzeitig alle Aethertheilchen der Interferenzstelle in denselben, aber entgegengesetzten Phasen befinden. Sind S_1 und S_2, Fig. 274, zwei solcher Strahlen, so sucht S_1 das Molecül S nach S_1, und S_2 dasselbe nach S_2 zu ziehen. Haben beide die gleichen Amplituden, so ist die Resultante Null. Das Aethertheilchen S bleibt in Ruhe. Die Interferenzstelle zeigt auf diese Weise eine dunkele Linie SS statt eines hellen Streifens. Licht zu Licht addirt, giebt in diesem Falle Finsterniss.

Fig. 273.



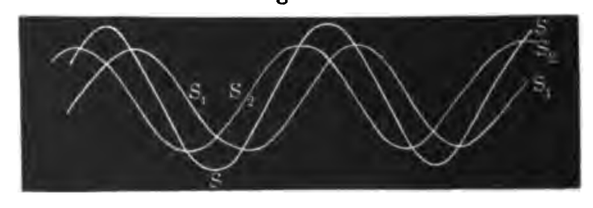
Fig. 274.



Schwächende Interferenz.

§. 1516. Sind die beiden interferirenden Strahlen um weniger oder mehr als eine halbe Wellenlänge gegenseitig verschoben, so hat man eine Resultante, die weder dem Maximum noch dem Minimum der Helligkeit entspricht. Fig. 275 zeigt z. B. die Resulsante S der beiden Strahlen S_1 und S_2, von denen der letztere dem ersteren um weniger als eine halbe Wellenlänge vorangeeilt ist.

Fig. 275.



Interferenz polarisirter Strahlen.

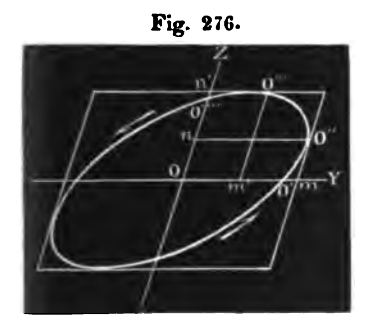
§. 1517. Treffen zwei einfarbige und geradlinigt polarisirte Strahlen (§. 235), deren Polarisationsebenen in einer Richtung liegen, zusammen, so gestalten sich die Interferenzen in gleicher Weise, wie sie eben für das gewöhnliche monochromatische Licht erläutert wurden. Stehen dagegen ihre Polarisations- und mithin auch ihre Schwingungsebenen senkrecht auf

einander, so kann keine Interferenz stattfinden. Die Theilwirkungen schiefwinkeliger lassen sich nach dem Kräfteparallelogramm bestimmen. Man kann daher die Amplitude der Resultante in jedem Falle angeben.

Elliptische Polarisation.

§. 1518. Das schiefwinkelige Zusammentreffen der Polarisationsebenen polarisirter Strahlen führt die geradlinigte Polarisation in die elliptische über, wenn die Strahlen einen Gangunterschied darbieten, der nicht einer ganzen oder einer halben Wellenlänge gleicht. Denken wir uns, die Schwingungsebenen zweier geradlinigt polarisirten gleichfarbigen Strahlen schneiden sich unter dem Winkel ZOY, Fig. 276. Om ist die Amplitude von OY und On' die von OZ. OY sei OZ um weniger als $^1/_4$ der Wellenlänge vorausgeeilt. OY wirkt daher zuerst, wenn OZ noch keinen Einfluss ausübt. Es wird daher z. B. das Aethertheilchen O einseitig in seiner Richtung nach O' führen. Greift später OZ ebenfalls ein, so hat zuerst OY eine bedeutendere Kraftgrösse Om als OZ, dem z. B. On in demselben Augenblicke zukommt. Das in O' befindliche Aethertheilchen wird daher nach O'' oder noch zum Theil in dem Sinne von OY verrückt. War Om das Maximum der Amplitude für OY, so wirkt dann OY in der Richtung YO, z. B. mit mm', wenn OZ mit nn' thätig ist. Das Aethertheilchen wird daher von O'' nach O''' geführt. Da von nun an die Wirkung von OZ abnimmt und die von OY sich O nähert, so wendet sich das Molecül nach O'''. Setzt man diese Betrachtungen fort, so sieht man, dass eine nach links gedrehte Ellipse als die Bahn des Aethertheilchens herauskommt. Diese erweitert sich allmälig, wenn der Gangunterschied bis zu $^1/_4$ der Wellenlänge wächst. Sie engt sich von da wieder ein und geht bei $^1/_2$ in eine gerade Linie über. Liegt der Gangunterschied zwischen $^1/_2$ und $^3/_4$ Wellenlängen, so giebt die gleiche Construction wie in Fig. 276 eine rechts gehende Ellipse für den Weg des Aethermolecüls. Sie verschmälert sich wieder immer mehr, je näher die Gangdifferenz von $^3/_4$ aus der einer ganzen Wellenlänge gleichkommt.

Fig. 276.



§. 1519. Die Metallreflexion und die gänzliche innere Zurückwerfung (§. 239) verwandeln einen geradlinigt polarisirten Strahl in einen elliptisch polarisirten, wenn weder der Einfallswinkel ein rechter ist, noch die Reflexionsebene die Polarisationsebene unter 90° schneidet oder ihr parallel verläuft. Ein analysirendes Nicol'sches Prisma (§. 251) lässt das elliptisch polarisirte Licht wie unvollkommen polarisirtes geradlinigtes erscheinen.

Kreisförmige Polarisation.

§. 1520. Haben die beiden geradlinigt polarisirten Strahlen gleiche Amplituden und stehen ihre Schwingungsebenen senkrecht, so geht die Ellipse in einen links gedrehten Kreis über, wenn der Gangunterschied $^1/_4$, und in einen rechts gedrehten, wenn die Phasendifferenz $^3/_4$ der Wellenlänge beträgt.

Drehung der Polarisationsebene.

§. 1521. Das Zusammenwirken zweier circularpolarisirten Strahlen, deren Gangunterschied weder eine ganze, noch eine halbe Wellenlänge beträgt, führt eine Drehung der Polarisationsebene, wie man sie im Quarze und den circularpolarisirenden Flüssigkeiten (§. 255) bemerkt. Der Gangunterschied der beiden Strahlen verhält sich zur Bahn einer ganzen Schwingung wie der Drehungswinkel zu zwei Rechten.

Farbige Interferenz.

§. 1522. Der Grund, weshalb farbiges Licht aus weissem durch Interferenz entstehen kann, lässt sich nach dem früher Dargestellten leicht einsehen. Sind λ, λ', λ'' u. s. f. die Wellenlängen der einzelnen Farbenstrahlen, die in dem weissen Lichte gemischt erscheinen (§. 1507), und versteht man unter n eine ganze Zahl, so wird ein Gangunterschied von $(2n + 1)\frac{\lambda}{2}$ die Farbe, welche λ zur Wellenlänge hat, völlig auslöschen, die übrigen dagegen nicht vollkommen aufheben. Es bleibt daher ein Rest von farbigen Lichtstrahlen, die verschiedene Intensitäten besitzen. Man sieht die Mischung oder die Färbung, welche die verhältnissmässig grösste Stärke beibehalt, als Interferenzfarbe.

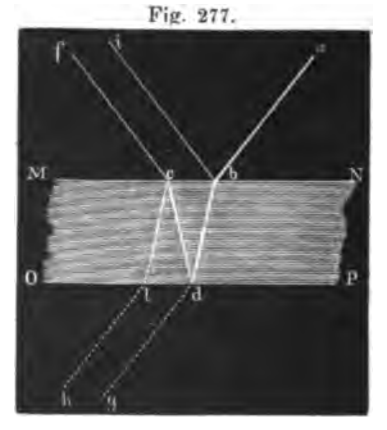
Ursachen der Interferenz.

§. 1523. Die Zurückwerfung oder die Reflexion, die Brechung oder die Refraction und die Beugung oder die Inflexion des Lichtes können zu Interferenzen führen. Da alle diese Ursachen farbige Interferenzen in den verschiedenen Theilen des thierischen Körpers bedingen, so wollen wir uns die für die Physiologie wichtigsten Hauptverhältnisse klar machen.

Interferenz durch Reflexion.

§. 1524. Stellen wir uns vor, *MNOP*, Fig. 277, sei eine dünne planplane Schicht eines durchsichtigen, einfach brechenden Körpers, auf den eine Reihe paralleler Strahlen in der Richtung *ab* auffällt. Der Strahl *ab* wird in *bi* zurückgeworfen und in *bd* gebrochen. Ist aber *bd* zur Fläche *OP* der Platte *MNOP* gelangt, so wird er wiederum in *dc* zurückgeworfen. Analysirt man den Gang der Strahlen nach den §. 239 erläuterten Gesetzen der Brechung, so findet man, dass der Strahl *dc*, wenn er als gebrochener Strahl *cf* in die Luft verläuft, in einer *bi* parallelen Richtung dahingeht. Der Strahl *cf*, der von der directen Reflexion eines *ab* parallelen Strahles herrührt, kann daher mit *cf* zusammentreffen, der aus der Brechung von *dc* entsteht.

Fig. 277.



Die beiden in *cf* interferirenden Strahlen müssen Gangunterschiede darbieten. Der durch die innere Reflexion *bdc* entstandene Strahl *cf* hat einen um *bdc* längeren Weg durchzumachen als der Strahl *cf*, den die unmittelbare Reflexion eines *ab* parallelen Strahles erzeugt. Dazu kommt noch, dass die Wellenlängen in *bdc* kürzer werden, weil *MNOP* stärker bricht (§. 1506). Reducirt man demnach die Länge *bdc*, so sollte man

glauben, dass ein Phasenunterschied von $(2n+1)\frac{\lambda}{2}$ Dunkelheit und ein solcher von $2n\frac{\lambda}{2}$ Helligkeit erzeugen wird. Die Erfahrung lehrt aber das Gegentheil, weil noch ein neues Moment hinzukommt.

Der *ab* parallele Strahl wird bei *c* theilweise zurückgeworfen, weil er aus einem dünneren in ein dichteres Mittel tritt. Die innere Reflexion des Strahles *bd* nach *dc* kommt dagegen zu Stande, weil *db* aus einem dichteren in ein dünneres Medium geht. Dieses hat zur Folge, dass beide reflectirte Strahlen entgegengesetzte Zeichen der Geschwindigkeit haben oder, was dasselbe sagen will, dass der äussere reflectirte Strahl mit einem Wellenberge und der innere mit einem Wellenthale anfängt wie eine Schallwelle, je nachdem sie an einem dichteren oder einem dünneren Medium anprallt. Dieser Unterschied beider Strahlen heisst aber in anderen Worten eine Phasendifferenz von $\frac{\lambda}{2}$. Hieraus folgt, dass wir Dunkelheit haben müssen, wenn der Gangunterschied der beiden in *cf* zusammenwirkenden Strahlen $2n\frac{\lambda}{2}$, und Helligkeit, wenn er $(2n+1)\frac{\lambda}{2}$ beträgt.

§. 1525. Der gebrochene Strahl geht in der Richtung *dg*, Fig. 277, weiter. Er wird zugleich nach *c* und in *c* nach *cl* reflectirt, so dass dieser Strahl in *lh* austritt. Man findet wieder nach den §. 239 erläuterten Gesetzen, dass *lh* parallel *dg* ist. *lh* wird daher wieder zwei interferirende Strahlen enthalten, einen, der durch die Brechung eines *ab* parallelen entsteht, und einen zweiten, der aus der doppelten inneren Reflexion bei *d* und *c* hervorgeht. Die letztere erfolgt beide Male bei dem Uebergange aus einem dichteren in ein dünneres Mittel. Die zwei negativen Geschwindigkeiten erzeugen daher eine Phasendifferenz einer ganzen Wellenlänge. Man wird hier, wie gewöhnlich, bei $(2n+1)\frac{\lambda}{2}$ Dunkelheit und bei $2n\frac{\lambda}{2}$ Helligkeit haben.

§. 1526. Die Interferenz des reflectirten Lichtes und die des gebrochenen verhält sich auf diese Art entgegengesetzt. Hat man weisses Licht, so werden dieselben Interferenzfarben bei $\frac{\lambda}{2}$, $3\frac{\lambda}{2}$, $5\frac{\lambda}{2}$ entstehen, wenn sich das Auge oberhalb *MN* befindet, wie bei λ, 2λ, 3λ, wenn es unterhalb *OP* steht, und umgekehrt. Das reflectirte Licht muss die Farbe erkennen lassen, welche das durchgelassene auslöscht, so dass der Rest des vorigen von der Gesammtsumme des Farbenspectrum übrig bleibt. Zwei Farben, die auf diese Weise weisses Licht bei ihrer Vermischung geben, heissen aber Ergänzungs- oder Complementärfarben.

Ergänzungsfarben.

§. 1527. Die Betrachtung in reflectirtem Lichte oder wenn sich das Auge oberhalb *MN*, Fig. 277, befindet, liefert intensivere Interferenzerscheinungen als die Untersuchung des durchgegangenen Lichtes oder die Stellung des Auges unter *OP*, weil nur eine Reflexion in dem ersteren und zwei Reflexionen in dem letzteren Falle in Betracht kommen. Da aber jede Reflexion einen Intensitätsverlust erzeugt, so müssen die Unterschiede der Helligkeit und der Dunkelheit und die Intensität der Farben bei der

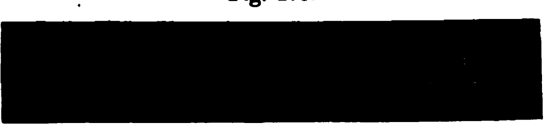
Intensität bei reflectirtem und durchgelassenem Licht.

Beobachtung der reflectirten Strahlen stärker als bei der der gebrochenen ausfallen.

Farben verschiedener Ordnung.

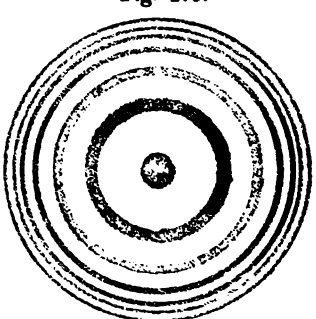
§. 1528. Man theilt die Interferenzfarben, wie sie hier und bei anderen Gelegenheiten auftreten, in Gruppen verschiedener Ordnung, die auf einem von Newton angegebenen Versuche fussen. Legt man eine sphärische Linse *ac*, Fig. 278, die einen grossen Krümmungshalbmesser hat, auf eine ebene Glasplatte, so dass sie diese nur in *b* berührt und sonst symmetrisch und wagerecht steht, so bleiben zwischen beiden

Fig. 278.



Zwischenräume von Luft, deren Dicke mit der Entfernung von *b* zunimmt. Kennt man diese Distanz und den Krümmungshalbmesser der Linse, so lässt sich die entsprechende Dicke der Luftschicht berechnen. Sie ist z. B. bei s_1, s_2, s_3 zwei-, vier-, sechsmal so gross als bei h_1, während sie bei h_2, h_3 drei- oder fünfmal so gross erscheint. Der senkrechte Durchschnitt der Luftmasse bildet daher einen Keil *bcf* auf jeder Seite. Verschiedene Interferenzfarben müssen je nach Verschiedenheit der bei h_1, s_1, h_2, s_2 eingreifenden Weglängen auftreten. Die hierbei möglichen Interferenzen werden andere Farben in reflectirtem und andere in durchgehendem Lichte erzeugen. Denkt man sich das Ganze um eine in *b* senkrechte Achse herumgedreht, so entstehen die Newton'schen Ringe, von denen jeder einzelne die gleiche Farbe besitzt, während die Färbung von Ring zu Ring abweicht. Arbeitet man mit einfarbigem Lichte, so erhält man abwechselnd dunkele und helle Ringe, wie es Fig. 279 andeutet. Liegen die dunkelen Kreise in s_1, s_2, s_3, wenn man die Newton'schen Ringe in reflectirtem Lichte betrachtet, so müssen sie bei h_1, h_2 für das durchgelassene Licht erscheinen.

Fig. 279.



Die Ordnungen der Interferenzfarben beruhen auf der Annahme successiver Gruppen der verschiedenen Farben, welche die Ringe bei dem Gebrauche weissen Lichtes und dem Fortschritte von *b* nach *f*, Fig. 278, in der Luft geben. Man hat demgemäss:

	Reflectirt.	Durchgelassen.
Erste Ordnung	Schwarz (Lavendelgrau), Blau (Blassgrün), Weiss, Gelb, Orange, Roth.	Weiss, Gelblich-Roth, Schwarz, Violett.
Zweite Ordnung . . .	Violett, Blau, Grün, Gelb Orange, Roth.	Weiss, Gelb, Roth, Violett, Blau.
Dritte Ordnung	Dunkelroth, Blau, Grün, Gelb, Roth	Grün, Gelb, Roth, Bläulichgrün.
Vierte Ordnung	Bläulichgrün, Grün, Gelblich-grün, schwach Roth.	Roth, Bläulichgrün.

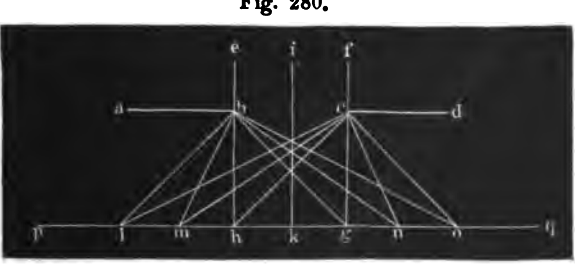
Man wird hiernach verstehen, was es heissen will, wenn man sagt, dass ein keilförmiges Blättchen oder ein anderer verschiedene Interferenzfarben erzeugender Körper Farben zweiter oder dritter Ordnung giebt. Kennt man seinen Brechungscoëfficienten, so lassen sich hier seine Dicken an den einzelnen, den verschiedenen Farben entsprechenden Stellen berechnen. Man würde daher hierin ein mikrometrisches Mittel für die schillernden Blättchen, die in vielen thierischen Theilen vorkommen, besitzen, wenn ihre Ablenkungscoëfficienten gemessen wären.

§. 1529. Eine zweite Ursache der Intensitätsabnahme liegt in der Lichtabsorption von *MNOP*, Fig. 277. Diese wächst aber unter sonst gleichen Verhältnissen mit der Dicke oder der Grösse *NP*. Feine Blättchen, die dünnen Wände der Seifenblasen liefern daher die deutlichsten Interferenzerscheinungen und die lebhaftesten Schillerfarben.

Beugung des Lichtes.

§. 1530. Fig. 280 kann die Ursache, weshalb die **Beugung** oder die **Inflexion** des Lichtes zu Interferenzen führt, klar machen. Nehmen wir

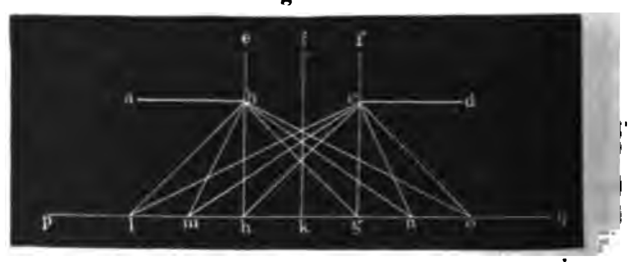
Fig. 280.



an, *ad* sei ein Schirm, durch dessen kreisförmige Oeffnung *bc* parallele Strahlen *ebcf* senkrecht vordringen. Das Bild werde von einem *ad* parallelen Schirm *pq* aufgefangen. Schritten die Lichtstrahlen nur geradlinigt fort, so erhielten wir einen Lichtkreis, dessen Durchmesser *hg* dem der Oeffnung oder *bc* gleicht. Jedes in Unruhe befindliche Aethertheilchen kann aber als der Mittelpunkt einer neuen Welle, die sich allseitig verbreitet oder Lichtstrahlen in allen Richtungen aussendet, betrachtet werden. Das Molecül *b* entlässt dann die Strahlen *bl*, *bm*, *bh*, *bg* und das Molecül

c die Strahlen cl, cm, ch. Diese interferiren in l, m, k und zwar mit bestimmten Gangunterschieden, weil bl kleiner als cl, bm kleiner als cm ist.

Fig. 281.



Kennt man den Durchmesser der Oeffnung $bc = hg = D$, die senkrechte Entfernung $bh = cg = L$ und den Abstand $lh = E$, so lassen sich auch die Längen cl und bl, folglich der Gangunterschied nach dem Pythagoräischen Lehrsatze oder auf trigonometrischem Wege berechnen. Nennen wir die Grösse desselben g und g' für die Punkte m und l, so wird man Dunkel haben, wenn einfarbiges Licht durch bc dringt und g einer halben Wellenlänge oder einem ungeraden Vielfachen dieses Werthes gleicht. Beträgt g' eine ganze Wellenlänge oder ein Multiplum derselben, so hat man die grösste Helligkeit. Denkt man sich das Ganze um die mittlere Achse ik gedreht, so hat man eine successive Reihe heller und dunkeler Ringe, wie es Fig. 282 zeigt.

Fig. 282.



Die Werthe von g und g' hängen von den messbaren Grössen D, L und E ab. Man kann daher die Wellenlänge des gebrauchten einfachen Lichtes aus ihnen bestimmen. Die §. 1511 angegebenen Wellenlängen wurden auf diese Weise gefunden.

§. 1531. Arbeitet man mit weissem Lichte, so erhält man Interferenzfarben (§. 1522). Lässt man das Licht durch Spalten oder einfache oder gekreuzte **Gitter** gehen, so entstehen auf diese Art die prachtvollsten Farbenphänomene. Fig. 283 (a. f. S.) giebt einen ungefähren Begriff der Erscheinungen, die sich bei dem Gebrauche einer Reihe schmaler und paralleler Durchgangsöffnungen und der Beobachtung durch ein Fernrohr (§. 1509) ergeben. Man sieht einen farblosen Streifen in der Mitte, weil hier alle möglichen Interferenzfarben deckend zusammentreffen. Jede der beiden Seiten giebt aber eine Reihe der Fig. 283 dargestellten **Beugungsspectra**, die durch dunkele Zwischenräume getrennt werden.

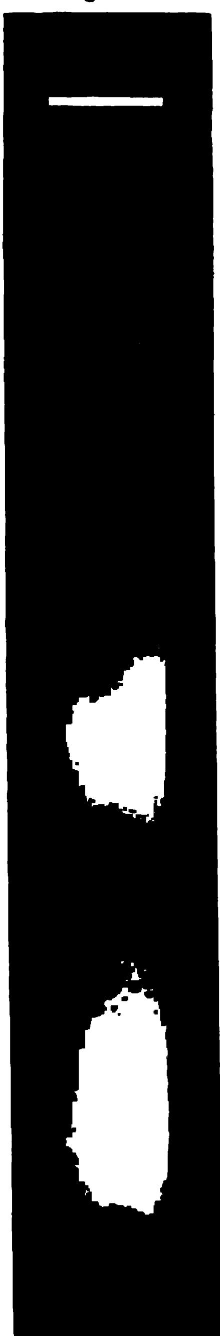
Fig. 284.



§. 1532. Ist ab, Fig. 284, eine von parallel und senkrecht auffallenden Lichtstrahlen $ecdf$ erhellte Fläche und hat man einen schmalen dunkelen Körper cd vorgeschoben, so müsste gh eine eben so grosse Breite als cd darbieten, wenn die Lichtstrahlen geradlinigt fortschritten. Da aber wieder die Aethermolecüle, die bei c und d

liegen, als selbständige Mittelpunkte neuer Wellen wirken, so sendet *c* z. B. die Strahlen *ch*, *cl*, *ci*, *ck* und *d* die Strahlen *dg*, *dk*, *di*, *dl* aus. Liegt *i* in der Mitte von *gh*, so hat man hier hell, während zu beiden Seiten Farbenspectra in weissem Lichte auftreten.

Fig. 283.



Beugung bei physiologischen Untersuchungen.

§. 1533. Denken wir uns, wir hätten einen sehr feinen Faden, der von der entgegengesetzten Seite beleuchtet wird, so dass unser Auge hinter *i* steht, so wird er dem Anblicke entgehen, wenn die Helligkeit des Beugungsbildes die Auffassung seines Schattens unterdrückt. Dieser Fall kommt bei mikroskopischen Untersuchungen häufig vor. Wir sehen daher auch feine Fäden und Furchen bei gedämpftem Lichte besser als bei hellem, das oft Gewebe der Art vollkommen gleichartig erscheinen lässt.

§. 1534. Jede der erwähnten Interferenzbedingungen kann sich in anatomisch-physiologischen Forschungen geltend machen. Der Schillerglanz der äusseren Oberfläche vieler Fische und Reptilien rührt davon her, dass ihre Schuppen oder die anderen Hornbedeckungen feine Furchen enthalten und daher Interferenzfarben liefern. Die prachtvollen Farben der Vogelfedern lassen sich aus demselben Grunde und der Zusammensetzung aus dünnen Blättchen erklären. Sehr schmale Fasern oder Körnchen, die enge Zwischenräume wechselseitig trennen, liegen dem Schillern in der Tapete des Auges des Pferdes, des Rindes, des Hundes und der Katze zum Grunde. Die §. 1524 erläuterten Grundsätze erklären es, weshalb die Sehnen, wenn wir sie in reflectirtem Lichte, z. B. mit freiem Auge betrachten, bläulich erscheinen, während die Untersuchung der Sehnenbündel unter dem Mikroskope bei durchfallendem Lichte die röthliche Ergänzungsfarbe auftreten lässt. Hält man zwei zusammengepresste Glasplatten, zwischen denen sich ein Hautstück des Spulwurmes und Wasser befinden, dicht vor das Auge und sieht nach einer Kerzenflamme, so erscheinen, nach Czermak, lebhafte Beugungsspectra. Legt man zwei Hautstücke so über einander, dass sich die Querringe der Haut rechtwinklig schneiden, so erhält man in diesem Falle eben so prachtvolle Farbenbilder, wie man sie bei der Beobachtung gekreuzter Gitter (§. 1531) wahrnimmt.

Wir werden später sehen, dass die Dintenfische oder Cephalopoden, die Laubfrösche und

selbst die grünen Grasfrösche gleich dem Chamäleon contractile Pigmentzellen, welche die Färbung ihrer Haut ändern können, besitzen. Mannigfache Interferenzerscheinungen bestimmen aber ausserdem noch die Farben, welche die äussere Oberfläche dieser Thiere zu verschiedenen Zeiten darbietet. Eine Reihe anderer Interferenzwirkungen wird uns in der Lehre vom Sehen begegnen.

Polarisation.

§. 1535. Die Polarisationserscheinungen kommen vorzugsweise deshalb in Betracht, weil der grössere Theil der organischen Gewebe das Licht doppelt bricht und die depolarisirten Lichtstrahlen bei dieser Gelegenheit in zwei rechtwinklig polarisirte Strahlen zerlegt werden (§. 247). Wir wollen uns hier auf die Betrachtung der einachsigen doppelt brechenden Körper beschränken, weil uns diese die wesentlichsten für die Physiologie wichtigen Verhältnisse erläutern können.

Doppelbrechung.

§. 1536. Nehmen wir an, *ABB'*, Fig. 285, sei ein Würfel einer solchen Masse. Die Fläche *A* schneide die Richtung der optischen Achse *aa* unter 90°, während alle in *B* und *B* rechtwinklig auf *A* gestellten Linien der optischen Achse *aa'* parallel gehen. Wir haben §. 246 gesehen, dass die Elasticität des Aethers in der Richtung *aa* grösser oder kleiner ist als in irgend einer Richtung der Fläche *A* oder der in ihr beliebig gezogenen Linien. Ein schief eintretender Strahl gewöhnlichen Lichtes (§. 235) kann nur in zwei Richtungen durchschwingen. Die eine liegt in der Hauptebene, d. h. in derjenigen Ebene, welche durch die Bahn des Strahles und die Richtung der optischen Achse *aa* gelegt wird, und die andere senkrecht auf dieser Ebene. Da aber nach *aa* eine grössere oder eine kleinere Elasticitätsachse vorhanden ist als in *bb*, so müssen sich die Schwingungen mit ungleicher Geschwindigkeit fortpflanzen. Die beiden Strahlen besitzen deshalb ungleiche Brechungscoëfficienten. Man erhält zwei Bilder, ein ordentliches und ein ausserordentliches.

Fig. 285.



Geht der Lichtstrahl in der Richtung der optischen Achse oder in *aa* oder in einer Hauptebene dahin, so werden seine transversalen Schwingungen in einer der Richtungen *bb* verlaufen. Da aber hier die Elasticitätsachsen nach allen Richtungen gleich sind, so gehen sie mit derselben Geschwindigkeit fort. Man hat nur die gewöhnliche Brechungsweise des Lichtes. Ein in der Richtung der optischen Achse dahin gehender Strahl liefert daher nur ein Bild und zwar dasjenige, welches man mit dem Namen des ordentlichen bezeichnet. Er besitzt eine kugelige Wellenfläche (§. 1503), weil *bb* nach allen Azimuthen unverändert bleibt.

Verläuft der Strahl in *bb* oder senkrecht auf die Hauptebene, so schwingt er der optischen Achse parallel. Er durchsetzt diesen mit grösserer oder geringerer Geschwindigkeit, je nachdem die Elasticitätsachse in dieser Richtung grösser oder kleiner ist. Man hat einen einfachen ausserordentlichen Strahl, dessen Wellenfläche bei allseitiger Mittheilung der Unruhe nicht kugelförmig, sondern ellipsoidisch ist.

Tritt der Strahl schief durch, so theilt er sich in einen gewöhnlichen Strahl, dessen Schwingungsebene *A* die Hauptebene *BB'* senkrecht schneidet, und einen ungewöhnlichen, der in der Hauptebene *B* oder *B'* schwingt.

Beide Strahlen sind daher rechtwinklig polarisirt. Man hat zwei Bilder, ein ordentliches und ein ausserordentliches. Das ordentliche wird überwiegen, wenn der Winkel, den der eintretende Strahl mit der Richtung der optischen Achse bildet, dem Werthe Null näher kommt, und der ausserordentliche, wenn seine Grösse 90° nahe rückt. Ein Winkel von 45° ist daher der Grenzpunkt der beiderseitigen gleichen Zerlegung.

Positive u. negative Körper.

§. 1537. Ist die Elasticitätsachse in der Richtung *aa* der optischen Achse grösser als in der auf ihr senkrechten *bb*, so hat das ausserordentliche Bild einen kleineren Brechungscoëfficienten als das ordentliche. Man hat dann einen einachsigen negativen und doppelt brechenden Körper, z. B. den Kalkspath. Findet das Umgekehrte Statt, so erhält man einen einachsigen positiven, z. B. den Quarz.

Polarisationsmikroskop.

§. 1538. Man kann sich ein jedes Mikroskop als ein Polarisationsmikroskop einrichten, wenn man die Nicol so stellt, dass der Beleuchtungsspiegel *f*, Fig. 286, seine reflectirten Strahlen durch beide Nicol (§. 251) sendet und der Gegenstand zwischen ihnen eingeschaltet wird. Das polarisirende Nicol *b* (§. 252) ist in fixer Stellung unter dem Objecttische des Mikroskopes angebracht. Das analysirende befindet sich entweder, wie *c*, Fig. 286, über dem Ocular oder zwischen den Objectiven und dem Rohre des Mikroskopes. Es wird mit einer Correctionslinse in dem letzteren Falle versehen und kann durch einen Hebel um seine Längenachse gedreht werden.

Fig. 286.



Hat man die Vorrichtung, wie es Fig. 286 darstellt, eingerichtet, so befindet sich eine auf das Ocular aufsetzbare Scheibe *d*, die eine Kreistheilung trägt, unter dem Analysator *c*, der mit einem Zeiger versehen ist. 0° und 180° entsprechen den parallelen und 90° und 270° den rechtwinklig gekreuzten Stellungen der Polarisationsebene der beiden Nicol *b* und *c* (§. 252).

Der Objecttisch des Mikroskopes hat Stellschrauben, die eine genaue Centrirung der mikroskopischen Gegenstände möglich machen. Die Scheibe *e* besitzt eine Eintheilung, die wenigstens bis auf halbe Quadranten hinabgeht. Man kann den beobachteten Gegenstand im Kreise drehen, während die Stellung der Nicol unverändert bleibt.

§. 1539. Das polarisirende Nicol *b* hat zum Zweck, geradlinigt polarisirtes Licht durch den auf *e* befindlichen Gegenstand gehen zu lassen (§. 251). Der Analysator *c* soll dann die Veränderungen, die das polarisirte Licht durch den bei *e* eingeschalteten Gegenstand erlitten hat, anzeigen. Das untere Nicol kann hinwegbleiben, wenn ohnedies polarisirtes Licht zugeführt wird. Ist der plane Beleuchtungsspiegel unter dem Polarisationswinkel (§. 237) eingestellt, so kommt polarisirtes Licht herauf. Seine Schwingungsebene steht auf der Einfallsebene senkrecht. Man sieht dann z. B. die später zu erwähnenden Polarisationsringe der Krystalllinse mit dem Kreuze mit einem Nicol.

Indifferente Wirkungen.

§. 1540. Der eingeschaltete Gegenstand kann dreierlei Hauptverhältnisse darbieten. Er depolarisirt das Licht, er lässt die Polarisationserscheinungen unverändert oder er greift wesentlich modificirend ein, weil er doppelt brechende Eigenschaften besitzt (§. 1535). Da die Eigenschaften des die wägbaren Substanzen durchziehenden Aethers von den Molecularverhältnissen derselben abhängen (§. 1502), so kann das Polarisationsmikroskop über die zartesten Verhältnisse der Anordnung der Molecüle in den Gewebeelementen der Pflanzen und der Thiere Aufschluss geben.

Ist *lk*, Fig. 287, die Projection der Schwingungsebene des unteren Nicol, so haben wir ein helles Gesichtsfeld, wenn die Projection der Schwingungsebene des oberen Nicol ebenfalls in *lk* fällt, und ein vollkommen dunkles, wenn sie *fg* entspricht und *fak* = 90° ist (§. 252). Die Zwischenstellungen von 45°, *hi* und *nm*, geben eine mittlere Lichtintensität zwischen den beiden Maximis der Helligkeit und der Dunkelheit. Diese Verhältnisse bleiben unverändert, wenn nicht der eingeschaltete Körper depolarisirend eingreift oder die Richtung der Schwingungsebene des unteren Nicol ablenkt. Dreht man den Analysator ein Mal im Kreise herum, so geben 0° und 180° ein Gesichtsfeld von grösster Helligkeit und 90° und 270° ein solches von grösster Dunkelheit. Die Lichtstärke nimmt von 0° nach 90° oder von 180° nach 270° ab und von 90° nach 180° oder 270° nach 0° zu. Der eingeschaltete Körper kann die Lichtintensität durch Absorption verkleinern, ohne den eben erwähnten Gang der Variation derselben zu stören. Dreht man die Objectscheibe *e*, Fig. 287, ein Mal im Kreise herum, so bleibt dieses für die Hauptverhältnisse der Polarisation gleichgültig.

Fig. 287.



Depolarisirende Wirkungen.

§. 1541. Hat der eingeschaltete Körper depolarisirende Kräfte, so bewirkt er, dass das heraufkommende polarisirte Licht die Richtung seiner Schwingungsebene von einem kleinsten Zeittheilchen zum anderen wechseln lässt (§. 235). Die Projectionen der Schwingungsebenen variiren daher nach und nach von *lk*, *ih*, *fg*, *nm*, mit einem Worte unter allen Azimuthen. Eine Stellung, bei der das Licht durch den Analysator schwingen kann, kehrt nach unendlich kleinen Pausen immer wieder. Das Gesichtsfeld erscheint hell bei allen Stellungen des oberen Nicol. Würde man dieses sehr rasch um seine Längenachse drehen, so müsste das Gleiche auch ohne die Einschaltung eines depolarisirenden Körpers zum Vorschein kommen.

Doppelbrechung.

§. 1542. Betrachten wir den Fall, in welchem der Einschaltungskörper doppelt brechende Eigenschaften besitzt, so sei ab, Fig. 288, die Projection der Schwingungsebene der ausserordentlichen, aus dem polarisirenden Nicol austretenden Strahlen, cd und ef die der Schwingungsebene der beiden Strahlen des doppelt brechenden Körpers und gh die der Schwingungsebene des analysirenden Nicol, welches die des polarisirenden ab unter 90^0 schneidet. Gleicht die Amplitude, mit der die Schwingungen von dem polarisirenden Nicol kommen, $mi = a$, so finden wir die Werthe für den doppelt brechenden Körper, wenn wir ik senkrecht auf cd oder parallel ef ziehen. $mk = a \cos \alpha$ entspricht der Amplitude für cd und $ki = a \sin \alpha$ der für ef. Diese beiden Strahlen werden im analysirenden Nicol doppelt gebrochen. Es weist aber das hierdurch entstehende Paar ordentlicher Strahlen zurück, während es die ausserordentlichen durchlässt (§. 251). Ziehen wir kl parallel gh oder senkrecht auf ab, so entspricht $kl = mk \sin \alpha = a \sin \alpha \cos \alpha$ sowohl der Amplitude für mk als für ki, sofern die Strahlen durch den Analysator schwingen. Wir haben hier die Summe beider. Nennen wir die Amplitude der durch das analysirende rechtwinklig gekreuzte Nicol schwingenden Strahlen A, so erhalten wir $A = a \sin 2\alpha$.

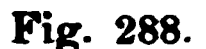
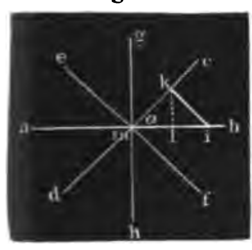


Fig. 288.

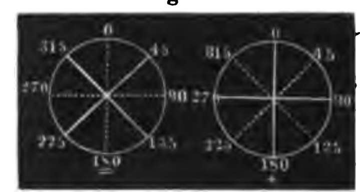


Differenziren wir diese Gleichung nach A und α, so finden wir $\frac{dA}{d\alpha} = 2a(\cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha)$ und $\frac{d^2 A}{d\alpha^2} = -4a \sin \alpha \cos \alpha$. Das Maximum der Amplitude wird daher stattfinden, wenn $\cos^2 \alpha = \sin^2 \alpha$ ist. Da die Quadrate der Cosinus und der Sinus von den positiven oder negativen Werthen, welche diese in den einzelnen Quadranten darbieten, unabhängig sind und die Gleichheit des Sinus und des Cosinus in der Mitte eines jeden Quadranten vorkommt, so folgt, dass diese das Maximum der Lichtstärke darbietet. $\sin \alpha$ oder $\cos \alpha$ ist für den Anfang oder die Mitte eines jeden Quadranten Null. Das Maximum der Dunkelheit zeigt sich daher an diesen Stellen.

§. 1543. Stehen die Nicol parallel, so müssen wir mk und ki, Fig. 288, auf $ml = km \cos a = a \cos^2 \alpha$ und $li = ki \sin \alpha = a \sin^2 \alpha$ beziehen. Das Lichtmolecül l in dem oberen Nicol wird von hl nach h und von li nach i gezogen. Es schwingt daher mit der positiven Differenz beider Grössen, folglich mit der Amplitude $a(\cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha)$, wenn α zwischen 0^0, und 45^0 und mit $a(\sin^2 \alpha - \cos^2 \alpha)$, wenn α zwischen 45^0 und 90^0 oder den entsprechenden Abschnitten der übrigen Quadranten liegt. Der Werth $A = a(\cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha)$ wird a für $\alpha = 0$ und der Werth $A = a(\sin^2 \alpha - \cos^2 \alpha)$ ebenfalls a für $\alpha = 90^0$, während wir für $\sin^2 \alpha = \cos^2 \alpha$ oder in der Mitte der Quadranten $A = 0$ haben. Man sieht daher, dass das Maximum der Helligkeit bei parallelen Nicol dahin fällt, wo das Maximum der Dunkelheit bei gekreuzten liegt, und umgekehrt.

Fig. 289 kann uns die Verhältnisse übersichtlich darstellen. Das helle Polarisationskreuz ist mit punktirten Linien und das dunkle mit ausgezogenen angegeben. = bedeutet den Parallelismus der Schwingungs- und der Polarisationsebenen der beiden Nicol und + die senkrechte Kreuzung derselben (Taf. I. Fig. I. bis VII.). Arbeitet man in weissem Lichte und dreht das obere Nicol auf 45° im Verhältniss zum unteren, so erhält man 8 Abtheilungen in jedem Ringe und zwar so, dass die Farben je zweier benachbarten Octanten einander ergänzen.

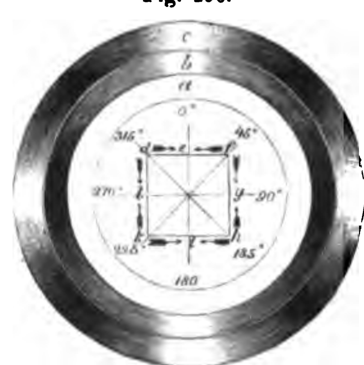
Fig. 289.



Uebersicht der Wirkungen.

§. 1544. Fig. 290 giebt uns eine vergleichende Uebersicht der drei möglichen Hauptwirkungen der Einschaltungskörper. Wir denken uns, dass das untere Nicol unverrückbar befestigt ist, und zwar so, dass das obere ein helles Gesichtsfeld bei 0° und 180° und ein dunkles bei 90° und 270° erzeugt. Stellt der eingeschaltete Körper gewöhnliches Licht aus polarisirtem her, so muss das Gesichtsfeld *a*, Fig. 290, bei allen Drehungen des Analysators hell bleiben. Lässt er die Polarisationsverhältnisse unverändert, so geben 0° und 180° hell und 90° und 270° dunkel, wie es *b*, Fig. 290, schematisch anzeigt. Ist er doppelt brechend und hat man bei 0° an einer Stelle das Maximum der Helligkeit, so zeigt 45° das Minimum und 90° das Maximum u. s. f., wie es *c*, Fig. 290, andeutet. Eine volle Umdrehung des Nicol liefert gleiche Helligkeiten bei allen Stellungen des Nicol, wenn die im Auge gefasste Stelle depolarisirt, zwei Maxima und zwei Minima, wenn sie einfach bricht oder die Polarisationsverhältnisse überhaupt nicht stört, und vier Maxima und vier Minima, wenn sie doppelt brechende Eigenschaften besitzt.

Fig. 290.



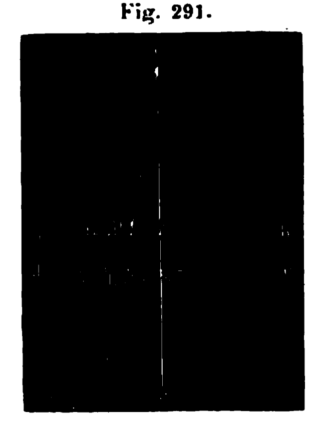
Polarisationsringe.

§. 1545. Die Einschaltung eines planplanen doppelt brechenden Körpers zwischen zwei Nicol kann noch zu **Ringsystemen** führen, die abwechselnd hell und dunkel in einfarbigem, in lebhaften Interferenzfarben dagegen in weissem Lichte erscheinen. Wir wollen die Verhältnisse, wie sie sich in einachsigen doppelt brechenden Körpern zeigen, genauer verfolgen, weil wir Gegenstücke derselben in einzelnen thierischen Theilen finden werden.

§. 1546. Gesetzt, *abcd*, Fig. 291, sei ein Längendurchschnitt einer planplanen Platte des einachsigen, nach allen Richtungen optisch gleichartigen und doppelt brechenden Körpers, dessen optische Achse in der Senkrechten *ef* dahingeht. Das Auge befinde sich in *e*, während die seitlichen Lichtstrahlen *gh*, *ik*, *lm* von unten her parallel in die Platte treten und später als *qe*, *pe*, *ne* convergirend in das Auge gelangen. Der Strahl *fs* und alle ihm parallelen Strahlen erleiden keine doppelte Brechung

(§. 1536). Dieses ist dagegen bei allen gegen die optische Achse geneigten Strahlen *lm*, *ik*, *gh* der Fall. *lm* zerfällt in *mq* und *mp*, *ik* in *kp* und *kn* u. s. f. Es kommen daher je ein ordentlicher und ein benachbarter ausserordentlicher Strahl in *p* und *n* zusammen. Beide haben schon an und für sich ungleiche Weglängen. Die Gangdifferenz wird aber dadurch wesentlich vergrössert, dass sich der ausserordentliche Strahl mit einer anderen Geschwindigkeit als der ordentliche fortpflanzt. Zwei Strahlen können daher mit ungleichen Phasen in *p* und *n* zusammentreffen. Da ihre Schwingungsebenen wechselseitig senkrecht stehen (§. 247), so findet keine Interferenz Statt (§. 1517). Man sieht daher auch keine dunkelen und hellen Stellen und keine Interferenzfarben, wenn man das obere Nicol hinwegnimmt.

Fig. 291.



Ist dagegen das obere Nicol vorhanden, so zerlegt die untere Hälfte desselben sowohl den ordentlichen als den ausserordentlichen Strahl in zwei ordentliche und zwei ausserordentliche. Man hat daher vier Strahlen, von denen je ein Paar in der gleichen Ebene polarisirt ist. Die obere Hälfte des Nicol lässt nur das eine, den ausserordentlichen Strahlen entsprechende Paar durch (§. 251). Diese besitzen Phasenunterschiede und schwingen in der gleichen Hauptebene. Die Interferenzen kommen daher zum Vorschein.

Gebraucht man einfarbiges Licht, so hat *q* die grösste Dunkelheit, wenn hier der Phasenunterschied auslöschend (§. 1515), und *p* die grösste Helligkeit, wenn er möglichst unterstützend wirkt (§. 1514). Denkt man sich das Ganze um *ef* herümgedreht, so dass *enr* einen Kegel beschreibt, so schneidet dieser aus *ab* concentrische, abwechselnd dunkle und helle Polarisationsringe in *q*, *p*, *n* heraus. Diejenigen, welche bei parallelen Nicols (=) hell erscheinen, werden bei gekreuzten (+) dunkel sein, und umgekehrt. Taf. I. Fig. III. und Fig. IV. zeigt uns dieses nebst den Polarisationskreuzen aus einem planplanen Schnitte der getrockneten Krystalllinse.

Nimmt man weisses Licht, so bewirkt der Gangunterschied bei gehöriger Dicke der Platte, dass einzelne Farben ausgelöscht und andere hervorgehoben werden. Man erhält daher je einen isochromatischen Ring für jeden Interferenzbezirk dessen Färbung von der seiner Nachbaren abweicht. Da die Differenzen von einem Elemente zum anderen unmerklich wechseln, so fasst das Auge erst eine gewisse Summe derselben in einem einheitlichen Eindrucke auf. Man sieht daher eine Reihe breiter Ringe, deren Farbennüancen um so weniger scharf begrenzt erscheinen, je genauer man sie betrachtet. Die Farben, welche bei gekreuzten Nicol auftreten, ergänzen die bei parallelen Nicol (§. 1543). Taf. I. Fig. I. und II. erläutern die Verhältnisse aus derselben Krystalllinse, die zur Darstellung von Fig. III. und IV. gedient hat.

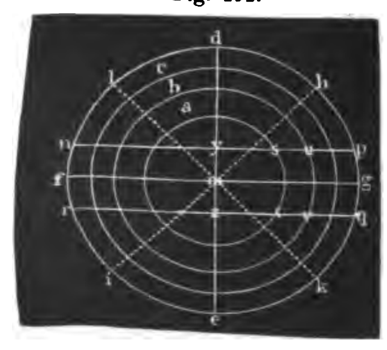
Dicke Platten und dünne Blättchen.

§. 1547. Wachsen die Gangunterschiede von einem Punkte zum anderen rascher, so wird auch der Farbenunterschied grösser. Die Summe, welche unser Auge als gleichfarbig auffasst, verkleinert sich daher in diesem Falle. Die scheinbar isochromatischen Ringe verschmälern sich. Da die Zunahme des Geschwindigkeitsunterschiedes der ordentlichen und der ausserordentlichen Strahlen mit der Stärke der Doppelbrechung vergrössert wird, so erhält man unter sonst gleichen Verhältnissen breitere Ringe, wenn die Masse schwächer doppelt bricht. Der Gangunterschied vergrössert sich aber auch mit der Dicke der Platte. Lässt man diese stetig zunehmen, so wird zuletzt eine Grenze eintreten, bei welcher das Auge die successiven schmalen Ringe selbst für grössere Gruppen nicht mehr sondert. Der Dickendurchmesser, bei dem die Ringe unkenntlich werden, wird in einem schwächer doppelt brechenden Körper grösser als bei stärker doppelt brechenden ausfallen. Ist die Platte zu dünn, so sind auch die Gangunterschiede der beiden Strahlen zu klein, als dass das Auge die Differenzen von Punkt zu Punkt verfolgen könnte. Dieses erklärt es, weshalb z. B. die dünnen Blättchen des zweiachsigen Glimmers oder Gypses in ihrer ganzen Fläche isochromatisch erscheinen, wenn sie überall die gleiche unbedeutende Dicke besitzen. Man erhält z. B. auf diese Weise Glimmerblättchen, die bei parallelen Nicol roth und bei gekreuzten gelb oder grün erscheinen. Nimmt dagegen die Dicke successiv zu, so dass man einen Keil (§. 1528) besitzt, so wird sich auch die Färbung der isochromatischen Streifen mit den Variationen der Dicke ändern.

Cylindrische Körper.

§. 1548. Man kann nach dem früher Dargestellten im Voraus bestimmen, wie sich ein cylindrischer, hinreichend dicker, doppelt brechender Körper, der das Gesichtsfeld nicht ausfüllt, unter dem Polarisationsmikroskope verhalten wird. Wir wollen z. B. den Fall betrachten, in welchem die Nicol rechtwinklig gekreuzt sind. Arbeiteten wir in weissem Lichte und füllte der doppelt brechende einachsige senkrecht oder schief auf die optische Achse geschnittene Körper das ganze Gesichtsfeld aus, so hätten wir die farbigen Ringe *abc*, Fig. 292, das hellste Kreuz in *hi* und *kl* und das dunkelste in *de* und *fg*. Legen wir die Muskel- oder die Nervenfaser in Form eines Kreisbandes *c* unter, so dass *m* den Mittelpunkt bildet, so wird sie vier Maxima der Helligkeit in *h*, *k*, *i* und *l* und vier Minima in *d*, *g*, *e* und *f* zeigen. Wäre sie überall gleich dick und besässe sie gerade die Breite von *c*, so müsste sie einfarbig erscheinen. Reicht sie über *c*, *b*, *a*, so wird sie verschiedenfarbige Bänder darbieten. Hat sie ungleiche Dicken an verschiedenen Stellen, so ist hierdurch noch ein fernerer Grund zur Farbendifferenz gegeben.

Fig. 292.



Schneiden wir uns *npqr* heraus, so erhalten wir eine Vorstellung, wie sich die Verhältnisse gestalten werden, wenn die Muskelfaser quer liegt und ihre Schwingungsebene und Polarisationsebene mit der des oberen

oder des unteren Nicol unter Voraussetzung der Kreuzung der letzteren zusammenfällt. Wir haben eine Reihe von farbigen Bändern oder Bruchstücken von Polarisationsringen, die complementar ausfallen, je nachdem die Nicol gekreuzt werden oder parallel stehen (Taf. I. Fig. VIII.). Gebraucht man einfarbiges Licht, so werden dunkle Streifen, *st*, *uv*, *pq*, von hellen Zwischenräumen getrennt werden. Ist *st* bei gekreuzten Nicol dunkel, so wird es bei parallelen hell, und umgekehrt. Man hat das Maximum der Dunkelheit in *fg* und *yz* und das der Helligkeit in *hi* und *kl*. Drehen wir *npqr* um *m*, so werden die Bruchstücke der Ringe keine Veränderung erleiden, während die des Polarisationskreuzes eine andere Stellung zu *npqr* erhalten. Dieser Umstand giebt ein Mittel, die Richtungen der Schwingungs- und der Polarisationsebenen eines Körpers, dessen Durchschnitt *npqr* ist, zu bestimmen. Bewegt man ihn centrisch um *m*, während z. B. die gekreuzten Nicol unverändert bleiben, so hat man die grösste Dunkelheit an den dem dunklen Kreuze entsprechenden Stellen, wenn die Schwingungs- oder die Polarisationsebene des doppelt brechenden Körpers mit einer dieser beiden Ebenen des unteren oder des oberen Nicol zusammenfällt. Man findet auf diese Weise z. B., dass die Doppelbrechung in der Muskel- oder der markigen Nervenfaser so erfolgt, dass der eine Strahl nahebei in der Richtung der Längenachse und der andere in der des rechtwinkligen Querschnittes der als Cylinder gedachten Muskelfaser schwingt. Kreisförmig geschichtete Körper, die man sich als ein Aggregat concentrischer Cylinder *a*, *b*, *c* denken kann, werden die eine Schwingungsrichtung in der Richtung des Halbmessers und die zweite in der dem Berührungspunkte desselben entsprechenden Tangente haben.

Doppelbrechung organischer Gewebtheile.

§. 1549. Brewster hat zuerst durch spiegelnde Polarisationsapparate nachgewiesen, dass eine grosse Reihe pflanzlicher oder thierischer Stoffe die Lichtstrahlen doppelt bricht. Er fand diese Eigenschaft im Gummi, der Manna, dem Kautschuk, dem Wachs, dem Kamphor, dem Tolubalsam, der Oberhaut und der Wurzel von *Calla aethiopica*, den Flachs-, den Hanf-, den Wollen- und den Seidenfäden, dem Adipocire (§. 1158), den Gallensteinen, dem Wallrath, der Seife, den Menschenhaaren, den Schweinsborsten, der Oberhaut des Menschen, dem Pergament, der Substanz der Hühneraugen, den Nägeln, den Federkielen, den Knorpeln, den Knochen, dem Elfenbein, dem Perlmutter, der Harnblase, der Hornhaut, der Krystalllinse der Kuh und der Fische, nicht aber des Menschen und nicht in dem Leime. Boeck und Biot fügten noch die Stärkemehlkörner, Erlach die Zellenwände der Zwiebeln, die quergestreiften Muskel- und die markigen Nervenfasern, und Czermak die Haut des Spuhlwurmes hinzu. Ich sah z. B. ausserdem noch Merkmale der doppelten Brechung in den Ring-, den Spiral- und den Netzfasern der verholzten Zellen und Schläuche der verschiedensten Phanerogamen, dem Zellgewebe, dem Glaskörper, den Wänden der Fettzellen, der Pigmentzellen, vorzüglich der gelben der Regenbogenhaut der Frösche, der Blutgefässe, den Anhäufungen der Ganglienkugeln und in allen drei Substanzen des Zahnes (§. 1213). Die doppelt brechenden Eigenschaften der Pflanzen- und der Thiergewebe sind oft so unverwüstlich, dass man sie nicht bloss in frisch getrockneten, sondern auch in den Jahrtausende alten Bruchstücken ägyptischer Mumien bemerkt,

und zwar unter Verhältnissen, in denen sich der Bau wesentlich geändert hat. Man findet hier ziemlich breite Längsfäden statt der quergestreiften Muskelfasern. Diese liefern eben so schöne Polarisationsfarben, als man sie nur aus einem frischen oder seit einigen Tagen getrockneten Muskel erhält. Da das Eintrocknen das indifferente Wasser entfernt, so macht es die Polarisationserscheinungen in der Regel lebhafter. Gleichzeitige Zersetzungen, wie man sie z. B. an faulenden Nervenfasern bemerkt, können jedoch auch die doppelt brechenden Kräfte verkleinern. Die Muskelfasern eines $2^1/_2$ monatlichen menschlichen Embryo liefern schon lebhafte Polarisationsfarben.

§. 1550. Hat man ein Stärkemehlkorn unter dem Polarisationsmikroskope, so zeigt es z. B. die Fig. 293 angegebenen Schattenlinien bei parallelen und die Fig. 294 gezeichneten bei gekreuzten Nicol. Man sieht, dass in dem einen hell erscheint, was in dem zweiten dunkel ist.

Fig. 293.

Fig. 294.

Fig. 295.

Die nicht geradlinigte Kreuzform und die accessorische dunkele Stelle rühren von der nicht genau gleichförmig concentrischen Schichtung her. Fig. 295 zeigt die Polarisationskreuze eines Querschliffes des menschlichen Oberschenkelbeines bei dunkelem Gesichtsfelde.

Taf. I. Fig. I. bis IX. erläutert eine Reihe der wichtigsten hierher gehörenden Erscheinungen. Die Fig. I. bis IV. gegebenen Zeichnungen sind nach einer und derselben Dorschlinse von Thomas [39]) entworfen. Man trocknet zu diesem Zwecke die Linse an der Luft, kocht sie dann in Oel mittelst eines Wasserbades, erzeugt die nöthige planplane Gestalt durch Feilen und Schleifen und bewahrt sie zwischen zwei Glasplatten in Canadabalsam auf. Fig. I. zeigt eine solche Linse schwach vergrössert in weissem Lichte bei parallelen und Fig. II. bei gekreuzten Nicol. Ging man in dem letzteren Falle von innen nach aussen, so hatte man Weiss, Gelb, Purpurroth, Blau, Grün, Gelb, Roth, Blau, Grün, Roth, Grün, Roth, Grün, Roth und Grün, also die im durchgelassenen Lichte erscheinenden Farben der zweiten bis vierten Ordnung (§. 1528). Die parallelen Nicol gaben die Ergänzungsfärbungen, z. B. Blau statt Gelb, Grüngelb statt Purpur, Grün statt Roth und umgekehrt. Fig. III. und IV. zeigt dieselben Linsen in einfarbigem dunkelrothen Lichte, in dem die Ringe verhältnissmässig am schmalsten erscheinen, während sie in violettem Lichte am breitesten werden. Fig. VI. und VII. giebt das Polarisationskreuz aus der Hornhaut eines neugeborenen Mädchens, dessen peripherischer Theil ebenfalls farbige Ringe bei monochromatischer Beleuchtung darbot, Fig. VIII. Polarisationsfarben der wie ein Keil (§. 1528) wirkenden, zickzackförmigen quergestreiften Muskelfasern der Bauchdecken des Frosches und Fig. IX. eines grauen Menschenhaares.

Da nur die dem tesseralen System angehörenden Krystalle das Licht einfach brechen, die des tetragonalen und hexagonalen Systemes dagegen

einachsige und die des isoklinischen, monoklinischen und triklinischen zweiachsige und doppelt brechende Körper sind, so erklärt sich hieraus, weshalb die kohlensauren Kalkkrystalle des Gehörsandes und der Kalksäckchen der Frösche (Taf. I. Fig. X.), die Blutkrystalle (§. 1095), die Krystalle des Harnstoffs, der Harnsäure, der Hippursäure, der kleesauren Kalkerde, die krystallinischen Kugeln des Gehirnsandes und die des Harnes des Pferdes (Taf. I. Fig. XI.), die an kohlensaurem Kalk reichen Skelettgebilde der Echinodermen und der Foraminiferen, nicht aber die Kieselpanzer der Bacillarien (Fig. 7 S. 42) Polarisationsfarben liefern.

§. 1551. Richtet man das Polarisationsmikroskop so ein, dass man einen Gegenstand zwischen dem polarisirenden Nicol und dem zu beobachtenden Gegenstand einschieben und ihn später beliebig entfernen und statt des oberen Nicol ein achromatisirtes Kalkspathprisma aufsetzen kann, so macht man das Instrument vielseitiger als es bisher war. Wir wollen in dieser Hinsicht die wichtigsten Fälle näher betrachten.

Bringt man eine senkrecht zur optischen Achse geschliffene planplane Kalkspathplatte zwischen das polarisirende Nicol und einen das Ringsystem zeigenden planplanen Körper, so werden die Ringe schmaler, wenn die untersuchte Masse, wie der Kalkspath, einachsig und negativ ist, weil dann die Gangunterschiede wachsen (§. 1547). Ein positiver Körper, z. B. eine ähnliche Quarzplatte, wird den entgegengesetzten Erfolg nach sich ziehen. Man kann sich z. B. durch diesen Doppelversuch überzeugen, dass die Taf. I. Fig. I. bis IV. abgebildete Linse einachsig negativ wie der Kalkspath ist. Man gelangt zu dem gleichen Resultate, wenn man ein Glimmerblättchen von $^1/_4$ Wellenlänge Gangunterschied gebraucht und die Verschiebung der je zwei Ringquadranten mit der einer Kalkspathplatte vergleicht. Wählt man ein Glimmerblättchen, welches elliptisch polarisirtes Licht durch die Linse sendet, so erhält man bei gegenseitiger Drehung die hyperbelähnlichen Zweige, Fig. 296, und die Ringverschiebung, wie in anderen negativ einachsigen Körpern.

Fig. 296.



§. 1552. Wir wollen jetzt das obere Nicol mit einem achromatisirten Kalkspathprisma vertauschen. Man nimmt hierzu am einfachsten eine Haidinger'sche dichroskopische oder dichroitische Loupe, wie sie Fig. 297 abgebildet zeigt. *ah* ist ein Kalkspathprisma. Die doppeltconvexe Linse *a' a'* achromatisirt das eine Bild des Doppelbildes von *o* so sehr als möglich. Ist *o* so klein, dass seine Doppelbilder gänzlich aus einander fallen, so stellt man das statt des Analysators gebrauchte Prisma so, dass das ausserordentliche Bild *a* Fig. 298, das Maximum und das ordentliche *b* das Minimum der Helligkeit hat. Schiebt man jetzt eine das Ringsystem zeigende Platte ein, so sieht man die beiden Bilder, die man haben würde, je nachdem man die Nicol pa-

Fig. 297.

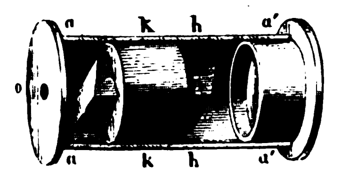


Fig. 298.



rallel oder gekreuzt stellt, und zwar das erstere in *a* und das letztere in *b*, Fig. 298 (a. v. S.). Da die Schwingungsebene der ausserordentlichen Strahlen in *cd* und die der ordentlichen senkrecht darauf steht, die ausserordentlichen Strahlen aber in der Hauptebene schwingen, so kann man diese Vorrichtung benutzen, um die Richtung der optischen Achse eines doppelt brechenden Körpers zu bestimmen.

§. 1553. Jedes Polarisationsmikroskop lässt sich natürlich als dioptrischer Circularpolarisationsapparat benutzen, wenn man die Objective und das Ocular entfernt, um eine längere Röhre einschalten zu können. Man verstärkt aber die Empfindlichkeit des Apparates ausserordentlich, wenn man über dem polarisirenden Nicol eine Doppelplatte von zwei entgegengesetzt drehenden Quarzen einschaltet. Gesetzt, *r*, Fig. 299, sei die rechtsdrehende und *l* die linksdrehende Quarzplatte, so wird man die violette Uebergangsfarbe (§. 250) bei paralleler Stellung der Nicol für beide erhalten, wenn jede von ihnen 3,75 Mm. dick ist. Die geringste Drehung des Analysators nach rechts lässt *r* roth und *l* blau erscheinen. Die Drehung nach links führt zu dem entgegengesetzten Farbenwechsel. Schaltet man eine mit einem ebenen gläsernen Boden versehene Röhre, Fig. 300, zwischen der Doppelplatte und dem Nicol ein, so reicht eine Schicht von 2 Centimeter Höhe und noch weniger hin, um z. B. zu entscheiden, ob eine käufliche Sorte von Terpentinöl rechtsdrehend ist oder nicht. Gebraucht man die Vergrösserungen des zusammengesetzten Mikroskopes, so darf man natürlich nicht vergessen, dass sich hier die Bilder umkehren. Man kann auch mit einem solchen Apparate die Drehung, welche die Polarisationsebene unter dem Einflusse eines starken Inductionsstromes erleidet, nachweisen. Da die Drehung der Polarisationsebene auf einem Gangunterschiede zweier kreisförmig polarisirten Strahlen beruht (§. 1521), so dient auch eine solche Doppelplatte, um die Farbenänderung und die Verwerfung der Ringstücke z. B. der Taf. I. Fig. I. und II. gezeichneten Linse oder die Verschiedenheit der Polarisationsfarben der Muskelfasern in beiden Hälften anschaulich zu machen.

Fig. 299.

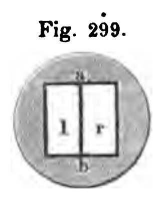
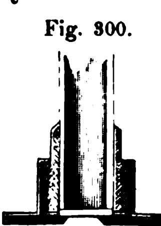


Fig. 300.



Dichroismus.

§. 1554. Der Dichroismus einzelner Körper besteht darin, dass ihre Farben wechseln, je nachdem sie von verschiedenen Seiten betrachtet werden. Wirft ein Körper andere Farben zurück, als er durchlässt, so wird er abweichende Färbungen in reflectirtem und in gebrochenem Lichte geben. Wir haben schon §. 1512 gesehen, dass die innere Dispersion zu diesem Resultate führen kann. Eine zweite Ursache desselben liegt in der Doppelbrechung, wenn die eine Elasticitätsachse ein anderes Absorptionsvermögen als die zweite und die dritte oder jene allein hat. Der Körper erscheint daher verschieden gefärbt, je nachdem man ihn in der Richtung der verschiedenen Achsen ansieht. Die dichroskopische Loupe (§. 1552) kann mit vielem Vortheil zum näheren Studium dieser Verhältnisse gebraucht werden.

Dichroismus des Blutes.

§. 1555. Die meisten gefärbten Flüssigkeiten, die man durch Extraction der Gewächse erhält, zeigen einen gewissen Grad von Dichroismus. Man findet ihn auch im Blute. Hat man den festen Rückstand des defibrinirten

Blutes mit schwefelsäurehaltigem Weingeist ausgezogen und versetzt die Flüssigkeit mit einem Ueberschusse einer wässerigen Lösung von kohlensaurem Ammoniak, so wird das Ganze schön roth. Dünne Schichten dagegen erscheinen, nach Brücke, grün, in durchfallendem Lichte. Nimmt man kaustisches Ammoniak statt des kohlensauren, so fehlt der Dichroismus. Er tritt auf, wenn man Kohlensäure durchleitet. Venöses Blut des Hundes oder der Schildkröte, das Brücke in einer mit Sauerstoff gefüllten Röhre aufgefangen hatte, zeigte keine dichroitische Eigenschaften. Er bemerkte sie dagegen in anderen Blutproben, auf die Kohlensäure, Wasserstoff oder Stickstoff gewirkt hatte. Die Anwesenheit und die Abwesenheit des Dichroismus scheinen daher den venös und den arteriell gewordenen Blutfarbenstoff wechselseitig zu unterscheiden.

Wärme der Thiere.

§. 1556. Die Temperatur eines Körpers bildet die Resultante der ihm eigenthümlichen Wärmeerzeugung und der Wechselwirkung mit der Temperatur der Nachbarmassen, die seine thermische Wirkungssphäre erreicht. Die Reibung, die Benetzung, die Compression, das Licht, die Elektricität und die chemischen Processe sind die vorzüglichsten selbständigen Wärmequellen. Die Uebereinstimmung der meisten Eigenschaften der Wärme mit denen des Lichtes lässt vermuthen, dass Schwingungen den Temperaturverhältnissen zum Grunde liegen. Die lebendige Kraft oder das Quadrat der Amplitude der schwingenden Theilchen (§. 1507) entspricht dem Wärmegrade. Ihr Wachsthum macht Wärme, wie man sich ausdrückt, frei, während ihre Abnahme dieselbe bindet. Die Schwingungen selbst können zweierlei Grundbeziehungen darbieten. Ein Molecül theilt seine Bewegung den Nachbarmolecülen gänzlich mit, so dass es selbst zur Ruhe kommt (§. 1504), oder die Amplituden verkleinern sich mit der Entfernung vom Anregungsorte. Die Verbreitung der Wärme durch Strahlung oder Leitung bildet die Folge dieser doppelten Wirkungsart.

Temperaturquellen eines Körpers.

§. 1557. Es hängt von der Molecularbeschaffenheit und der ursprünglichen Temperatur ab, welche Wärmemenge eine Gewichtseinheit eines Körpers aufnehmen muss, damit sich seine eigene Wärme um eine Wärmeeinheit erhöht. Jeder Stoff hat daher eine bestimmte Wärmecapacität. Wählt man als Maass diejenige Wärmemenge, die eine Gewichtseinheit einer bestimmten Substanz braucht, um eine Temperatureinheit mehr zu erhalten, so drücken die entsprechenden relativen Grössen die Zahlen der specifischen Wärme anderer Körper aus. 1 Grm. Quecksilber wird z. B. von 0° auf 1° C. erwärmt, wenn man ihm nur $^1/_{33}$ Wärmemenge, die das Wasser zu dem gleichen Zwecke nöthig hat, zuführt. Die specifische Wärme desselben gleicht daher 0,033, weil man die des Wassers als Einheit zu betrachten pflegt. Diese Werthe wechseln häufig mit den Temperaturunterschieden, die der Körper vor und nach der Erwärmung darbietet. Eine Molecularveränderung, welche die Grösse der Wärmecapacität erniedrigt, macht Wärme frei, während der umgekehrte Fall Wärme bindet.

Wärmecapacität.

Specifische Wärme der thierischen Theile.

§. 1558. Da der Wärmebedarf in geradem Verhältnisse zur Wärmecapacität zunimmt, so werden in dieser Hinsicht die thierischen Theile, die niedere specifische Wärme besitzen, im Vortheil sein. Man hat die hierher gehörenden Werthe nach den neueren Untersuchungsmethoden noch nicht bestimmt. Hält man sich an die älteren Angaben von Crawford, Kirwan und Dalton, so würden die thierischen Flüssigkeiten, wie das Arterienblut (= 1,03), das Venenblut (= 0,89) und die Kuhmilch (= 0,98 bis 1,0) dem Wasser (= 1,0) ziemlich nahe stehen, die Festgebilde dagegen, z. B. das Muskelfleisch (= 0,80), die behaarte Ochsenhaut (= 0,79) von ihm in nicht unbedeutendem Maasse abweichen. Fette, wie das Wallrath (= 0,40) und das weisse Wachs (= 0,45) besitzen noch geringere Grössen. Die atmosphärische Luft (= 0,267) hat einen höheren Werth als der Sauerstoff und die Kohlensäure (§. 695) und einen höheren, als der Stickstoff (= 0,236). Das Blut wird daher einen grösseren Aufwand von Wärme nöthig haben, um die gleiche Gewichtsmenge von Milch oder einer anderen Absonderungsflüssigkeit zu einer bestimmten Höhe zu erwärmen, als für die gleiche Quantität Muskelmasse nöthig ist. Die Erwärmung der Athemgase muss, abgesehen von ihrer Ausdehnung (§. 733), verhältnissmässig am leichtesten zu Stande kommen.

Wärmefortpflanzung.

§. 1559. Es gehört zu den Aehnlichkeiten der Wärme und des Lichtes, dass sich die Wärme nur in den einfach brechenden Körpern mit derselben Geschwindigkeit allseitig fortpflanzt (§. 247). Da die meisten Thiergewebe zu den doppelt brechenden Körpern gehören (§. 1535), so werden sie die empfangene Wärme mit einer ihren verschiedenen Elasticitätsachsen entsprechenden Schnelligkeit leiten und daher eine Doppelbrechung und Polarisation der Wärmestrahlen möglich machen. Die längere Elasticitätsachse der einachsigen Körper besitzt eine grössere Fortpflanzungsgeschwindigkeit.

Wärmeleiter.

§. 1560. Der Widerstand, den ein Körper dem Durchgange der Wärme entgegensetzt, bestimmt das Leitungsvermögen desselben. Die guten Wärmeleiter haben kleine und die schlechten grosse Widerstandscoëfficienten. Jene erwärmen sich rascher in ihrer ganzen Masse, und zwar so, dass die Temperaturen in geometrischer Progression abnehmen sollen, wenn die Entfernungen von der Erwärmungsstelle in arithmetischer wachsen oder die Differenzen von diesen denen der Logarithmen der Wärmegrade umgekehrt entsprechen. Schlechte Wärmeleiter nehmen die Temperaturen langsamer auf und behalten sie mit grösserer Zähigkeit zurück. Ein erwärmter Körper bewahrt daher seine höhere Temperatur länger, eine Wärmequelle kann verhältnissmässig mehr leisten, wenn sie von schlechten Wärmeleitern allseitig umgeben wird.

Wärmeleitung im Thierkörper.

§. 1561. Dieser Satz lässt sich auf die organischen Wesen mehrfach anwenden. Die Luft ist ein schlechterer Wärmeleiter als der Erdboden, während die mittleren specifischen Wärmen beider (0,27 und 0,25) ziemlich nahe stehen. Die Erde entzieht daher unter sonst gleichen Verhältnissen dem nackten Körper mehr Wärme, als die Luft. Die Füsse kühlen rascher ab, als die übrigen Hauttheile, wenn kein Windstrom kältere Luft-

schichten mit grosser Geschwindigkeit vorüberführt. Da das Quecksilber ein besserer Leiter als Wasser ist, so kommt es uns bei der Berührung kälter vor als eine gleich temperirte wässerige Flüssigkeit, weil es der Haut mehr Wärme in der Zeiteinheit entzieht. Holz leitet schlechter als Stein und dieser schlechter als Eisen. Holzhäuser halten daher durchschnittlich die Kälte besser als steinerne Gebäude ab, während die gusseisernen die grössten Nachtheile in dieser Beziehung darbieten. Poröse Körper, zwischen deren Theilchen sich zahlreiche Luftschichten befinden, Massen, die aus feinen thermisch isolirenden Blättchen oder Fasern bestehen, gehören zu den schlechtesten Wärmeleitern. Die erwärmenden Wirkungen der Pelze, der Betten, der Feder- oder Haarbedeckungen der Thiere und selbst der Oberhaut des Menschen erklären sich zum Theil nach diesem Principe.

§. 1562. Die Erwärmung dehnt die Körper aus, während die Abkühlung ihr Volumen verkleinert. Denken wir uns, ein Körper habe die Länge 1 und der lineare Ausdehnungscoëfficient sei α für 1° C., so wird sein Volumen bei der Erwärmung um 1° C. zu $(1 + \alpha)^3$ werden, wenn die Ausdehnung nach allen Raumdimensionen gleich bleibt. Fällt α im Verhaltniss zur Einheit klein aus, so kann man die zweite und dritte Potenz des Bruches α hinweglassen und sich mit $1 + 3\alpha$ statt $(1 + \alpha)^3$ begnügen. Man sagt daher, dass die körperliche Ausdehnung das Dreifache der linearen betrage. Dieser Satz gilt aber nur für die einfach brechenden Körper. Die doppelt brechenden haben ungleiche Ausdehnungscoëfficienten je nach Verschiedenheit der Elasticitätsachsen. Man wird diesen Umstand bei den noch nicht versuchten Bestimmungen der Ausdehnungscoëfficienten der thierischen Gewebe berücksichtigen müssen.

Wärmeausdehnung.

§. 1563. Die festen Körper und die Flüssigkeiten besitzen nur kleine Ausdehnungscoëfficienten. Denkt man sich, Trinkwasser von 12° C. sei im Magen auf 37°,5 C. vor der Resorption erwärmt worden, so hat es sich dabei um $^1/_{160}$ seines Volumens ausgedehnt. Das Volumen der Einathmungsluft dagegen nimmt unter den gleichen Verhältnissen um $^1/_{11}$ zu.

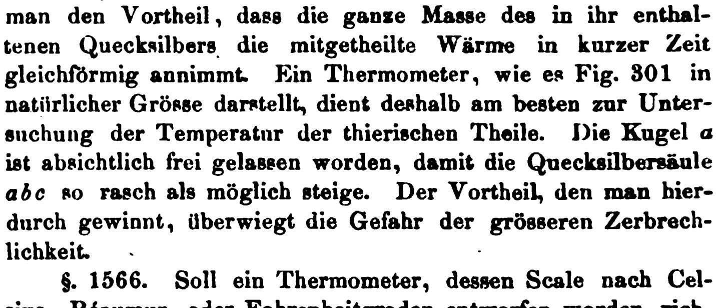
§. 1564. Die thermometrische Temperaturbestimmung beruht auf der Beobachtung des Volumenswechsels, den die Körper bei dem Wechsel ihres Wärmegrades erleiden. Das Quecksilber ändert seinen Rauminhalt um $^1/_{5587}$ für 1° C. Der absolute Alkohol hat in dieser Hinsicht $^1/_{193}$, die Atmosphäre $^1/_{273}$ und das Glas $^1/_{394}$ innerhalb der Temperaturgrenzen, die für die gewöhnlichen Thermometerbestimmungen in Betracht kommen. Da nicht bloss das Volumen der Flüssigkeit der Quecksilber-, der Weingeist- oder der Luftthermometer, sondern auch des Glases mit der Temperatur variirt, so wird die scheinbare Ausdehnung kleiner als die wirkliche ausfallen. Sie beträgt z. B. nur $^1/_{6480}$ für Quecksilber, das in Glasgefässen enthalten ist, für je einen Grad, der zwischen 0° und 100° C. liegt.

Thermometrische Temperaturbestimmung.

§. 1565. Die Steighöhe des Quecksilbers eines Thermometers wächst mit der Grösse der Kugel und der Kleinheit des Querschnittes der an sic

angeschmolzenen Cylinderröhre. Kann die Kugel klein sein, so hat man den Vortheil, dass die ganze Masse des in ihr enthaltenen Quecksilbers die mitgetheilte Wärme in kurzer Zeit gleichförmig annimmt. Ein Thermometer, wie es Fig. 301 in natürlicher Grösse darstellt, dient deshalb am besten zur Untersuchung der Temperatur der thierischen Theile. Die Kugel *a* ist absichtlich frei gelassen worden, damit die Quecksilbersäule *abc* so rasch als möglich steige. Der Vortheil, den man hierdurch gewinnt, überwiegt die Gefahr der grösseren Zerbrechlichkeit.

Fig. 301.



§. 1566. Soll ein Thermometer, dessen Scale nach Celsius-, Réaumur- oder Fahrenheitgraden entworfen worden, richtige Werthe geben, so muss es ungefähr ein halbes Jahr vorher, ehe man zur Graduation schreitet, geschlossen worden sein, weil der äussere Luftdruck das Volumen der Kugel ändert. Man erreicht aber selbst dann eine grössere Genauigkeit, wenn man keine Scale nach Graden, sondern eine willkürliche Eintheilung nach Längenmaassen, z. B. nach Bruchtheilen von Millimetern anbringt und den Werth der einzelnen Grade nach einem zuverlässigen Normalthermometer oder nach dem Gefrier- und dem Kochpunkte bestimmt. Da man meistentheils nur Temperaturen, die zwischen 30° und 40° C. liegen, für die Beobachtung der thierischen Wärme braucht, so bedient man sich nicht selten eines Thermometers, das nur in dieser Grenze getheilt ist, dafür aber einen desto grösseren Spielraum innerhalb derselben gestattet. Die Scale kann dann z. B. $^1/_5$ Grad unmittelbar angeben und $^1/_{25}$ Grad schätzen lassen.

Ausguss-thermometer.

§. 1567. **Walferdin** und **Bernard** nahmen Ausgussthermometer, um die Wärme thierischer Theile genauer zu ermitteln. Fig. 302 kann uns das Princip dieser von **Saussure** und **Magnus** zur Messung der Erdwärme vorgeschlagenen Instrumente klar machen. Gesetzt das senkrecht gestellte Glasgefäss, das in eine feine Spitze ausläuft, sei mit Quecksilber bei 35° C. vollständig gefüllt worden, so wird ein Theil des Quecksilbers in einen nebenbei vorhandenen Behälter, z. B. eine angeschmolzene Glaskugel, auslaufen, wenn eine Temperaturerhöhung das Quecksilber ausdehnt. Bringt man nun den senkrecht gehaltenen Apparat von Neuem in eine Wärme von 35° C., so geht der Quecksilberspiegel tiefer als vorher hinab. Eine hier angebrachte Scale oder die Bestimmung der Menge des ausgelaufenen Quecksilbers kann von dem Verluste oder dem Maximum der vorhanden gewesenen Temperatur Rechenschaft geben. Bringt man den Apparat in eine andere passende Lage, so kehrt das übergetretene Quecksilber in das Gefäss zurück. Man hat daher den alten Ausgangspunkt von 35° C. Die für physiologische Beobachtungen eingerichteten Ausgussthermometer sind für Temperaturschwankungen von 35° bis 40° C. eingerichtet.

Fig. 302.

§. 1568. Der Mastdarm bildet die geeignetste Stelle, um die Wärme unversehrter Thiere oder Menschen zu bestimmen, weil hier die eingescho-

bene Thermometerkugel von Theilen, deren Wärme man untersuchen will, allseitig umgeben ist und der Afterrand das Instrument ziemlich fest umschliesst. Man sollte daher nur diese Prüfungsweise wählen, wenn man Erfahrungen über die Aenderungen der thierischen Wärme durch äussere Nebenbedingungen gewinnen will. Der Gebrauch, die Temperatur der Mundhöhle oder gar der Achselhöhle in solchen Fällen zu prüfen, kann zu keinen ganz zuverlässigen Resultaten führen, weil hier die Nebenmomente der nicht allseitigen Berührung und der Verdunstung ausgeschiedener Flüssigkeiten störend eingreifen. Die Angabe, dass man so lange warten solle, bis das Thermometer eine beständige Wärme 10 Minuten lang anzeigt, lässt sich nicht allgemein durchführen, weil die thierischen wärmeerzeugenden Processe und die äusseren Ableitungen innerhalb dieses Zeitraumes merklich schwanken können.

§. 1569. Die Thermometerbeobachtungen, die man über die Temperatur der unzugänglicheren inneren Organe angestellt hat, sind meistentheils unzuverlässig, weil sie erst nach der Blosslegung in frisch getödteten Thieren gewonnen wurden. Die Wärmequellen derselben sinken dann und die äusseren Ableitungen vergrössern sich in unberechenbarem Maasse. Alle Schlüsse, die man hier auf feinere Temperaturdifferenzen stützt, gehören daher zu den Selbsttäuschungen.

§. 1570. Die Mundhöhle, der Mastdarm, die Scheide, die Harnröhre, die Harnblase gestatten thermometrische Prüfungen in dem unverletzten Geschöpfe. Das Herz macht sie ebenfalls möglich, wenn man z. B. ein Thermometer von der Drosselblutader aus in die rechte und von der Carotis aus in die linke Herzhälfte einschiebt. Die Hohlräume des Gefässsystemes, des Nahrungscanales und der Ausführungsröhren der Drüsen werden in Zukunft häufig in Anspruch genommen werden müssen, um über die wahren Beziehungen der Wärmewerthe der Innentheile der einzelnen Körperorgane Aufschluss zu erhalten.

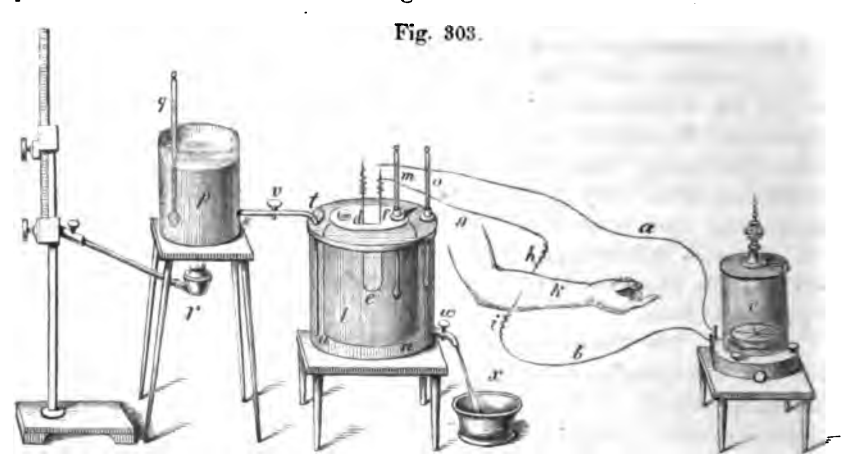
Thermoelektrische Temperaturbestimmungen.

§. 1571. Breschet und Becquerel haben den Versuch gemacht, die Temperatur der Körpertheile auf thermomagnetischem Wege zu bestimmen. Zwei oder mehrere zusammengelöthete Metallstäbe, in deren Kreis ein Galvanometer eingeschaltet ist, geben eine Abweichung der Magnetnadel, wenn die Löthstellen eine Temperaturdifferenz darbieten. Vergleichende Temperaturbeobachtungen der beiden ungleich erwärmten Massen machen es möglich, dass man die Grösse des Ausschlages auf den entsprechenden Temperaturunterschied zurückführt.

Fig. 308 a. f. S. zeigt die von jenen Forschern gebrauchte Vorrichtung. Zwei Kupfernadeln, *a* und *b*, sind mit dem mit dicken Drähten versehenen Galvanometer *c* oder einem Thermomultiplicator verbunden. *de* ist eine Kupfer- und *ef* eine mit ihr zusammengelöthete Stahlnadel. *de* vereinigt sich mit dem Ende des Kupferdrahtes *a* und *ef* mit dem des Stahldrahtes *g*. Ein zweites Stück, *hi*, besteht ebenfalls aus einer Kupfer- und einer angelötheten Stahlnadel. Denkt man sich das Uebrige hinweg, und *hi* mit *a* und *b* verbunden, so bilden *adefghib* und der Draht des Thermomultiplicators *c* einen geschlossenen Kreis. Man erhält eine Ablenkung der Magnetnadel von *c*, wenn die Löthstelle *e* wärmer oder kälter als die von *hi* ist.

Man senkt *def* in einen mit Wasser gefüllten Behälter *l*, dessen Temperatur das Thermometer *m* anzeigt. Er befindet sich in einem zweiten

Fig. 303.



Gefässe *n*, dessen Flüssigkeit man durch *psvtuwx* fortwährend wechseln kann. Die Lampe *r*, die Thermometer *q* und *o* und die Hähne *v* und *w* machen es möglich, dass man die Temperatur in *l* und folglich für *def* während der Versuchsdauer beständig erhält. Hat man z. B. die Nadel *hi* durch die Muskeln *k* des Vorderarmes eines Menschen gestochen und mit *b* und *g* verbunden, so wird die Ablenkungsgrösse der in *c* befindlichen Magnetnadel über die Temperaturdifferenz der in den Muskeln befindlichen Löthnadel *hi* und des in *l* befindlichen Wassers Aufschluss geben. Da man die Wärmegrösse des letzteren kennt, so lässt sich die der Muskeln berechnen. Man kann die Nadel in die Innentheile eines Menschen oder Thieres ohne Nachtheil einführen. Ein genauer thermomagnetischer Apparat verräth kleine Temperaturunterschiede mit grosser Schärfe. Diese Prüfungsweise hat daher wesentliche Vortheile für physiologische Untersuchungen. Die Schwierigkeiten der Einrichtung hindern aber in hohem Grade. Breschet und Becquerel erhielten meist niederere Zahlen, als andere Forscher durch Thermometerbestimmungen gewonnen haben.

Warm und kaltblütige Geschöpfe.

§. 1572. Die warmblütigen Geschöpfe, zu denen im Allgemeinen der Mensch, die Säugethiere und die Vögel gehören, besitzen eine Temperatur, die sich 37°,5 C. oder 30° R. annähert, wenn auch das sie umgebende Medium eine weit niederere Wärme darbietet. Die kaltblütigen Wesen dagegen zeigen geringere Unterschiede. Ihre Wärmequellen liefern zwar ebenfalls einen gewissen Ueberschuss. Er ist aber an und für sich klein und kann sogar durch gleichzeitige Abkühlungsmomente aufgehoben werden. Die Sonderung in warm- und kaltblütige Thiere lässt sich nicht streng durchführen. Einzelne kaltblütige Wesen haben beträchtlich höhere Wärmegrade zu gewissen Zeiten, z. B. die Schlangen bei dem Brüten oder in manchen Organen, z. B. der Thunfisch in seinem Blute. Die Winterschläfer verhalten sich dagegen zur Erstarrungszeit eher wie kalt-, denn als warmblütige Wesen. Da die Wärmequellen des Thieres mit dem Stoffwechsel und die Wärmeverluste mit der Molecularbeschaffenheit der Or-

gane, den Verdunstungserscheinungen und den Aussenverhältnissen wechseln, so kann die als Differenz übrig bleibende Eigenwärme in der gleichen Thierclasse bedeutend variiren.

§. 1573. Die Horngewebe der äusseren Haut bilden eine schützende Hülle eines schlechten Wärmeleiters für die Innentheile. Die Verdunstung des abgesetzten Schweisses und die Berührung mit äusseren kühleren Massen liefern eine Reihe von Abkühlungsmomenten. Die Temperatur einer Hautstelle wird daher niedriger, als die eines inneren, mit einem zarteren Epithelium versehenen Hohlraumes oder eines geschützteren Organes ausfallen. Da die Dicke der Oberhaut, die Haarbekleidung, die Grösse der Verdunstung und die Ableitung an Nachbarkörper mit der Verschiedenheit der Hautstellen wechselt, so werden auch diese die mannigfachsten Abweichungen darbieten. Man findet daher nicht selten einen auf mehrere Grade steigenden Unterschied zwischen der Haut der Fusssohle und der der Achselhöhle. Schliesst man aber in dieser ein Thermometer eine halbe Stunde und länger ein, so misst man nicht die gewöhnliche Hauttemperatur. Man sucht vielmehr die Ableitungsgrössen möglichst zu verkleinern und erhält auf diese Weise das Maximum, das die von innen ausgehende Durchwärmung der Hornschichten der Oberhaut und der Haare möglich macht, nicht aber die gewöhnlichen natürlichen Temperaturwerthe. Man findet auf diese Weise im Erwachsenen eine Grösse, die 37°,5 C. nahe steht, während die freien Hautstellen nur 32° bis 37° C. zu geben pflegen.

Temperatur der Haut.

§. 1574. Hält man sich an die thermometrischen Bestimmungen, so liefern in der Regel die Mundhöhle unter dem Vordertheile der Zunge 37°,0 bis 37°,3 C., der Mastdarm 37°,0 bis 39°,0 C., die Harnröhre 36°,1 bis 38°,6 C. und die Scheide 37°,9 bis 38°,3 C. Die höheren Temperaturwerthe besitzen hierbei eine grössere Sicherheit, als die niederen. Ein Knabe, der an Vorfall der umgestülpten Harnblase litt, zeigte 38°,0 C. in der Vertiefung, in der sich die Mündung des Harnleiters (a, Fig. 203 S. 295) befand, während die freien äusseren Hauttheile bis 6° C. weniger lieferten, als der Kranke im Bette lag.

Temperatur der inneren Theile.

Berger, der seine Beobachtungen an frisch getödteten Schafen anstellte, fand 40°,3 C. im Gehirn, 41°,3 C. in der Leber und 41°,4 C. in den Lungen. Ob die gebrauchten Thermometer etwas zu hoch calibrirt waren, lässt sich nicht bestimmen. Breschet und Becquerel erhielten nur 34°,8 bis 35°,5 C. für das Unterhautzellgewebe und 36°,8 bis 37°,0 C. für den zweiköpfigen Armmuskel in ihren thermomagnetischen Beobachtungen.

§. 1575. Hatte Berger ein Thermometer durch die Harnröhre einer Frau in die Blase geschoben, so stieg es auf 38°,6 C. Brown-Séquard bekam 39°,2 C. für den Harn des Mannes, wenn dieser in ein von Wasser von 36°,7 C. umgebenes Gefäss gelassen wurde. Die Mischungsmethode wird in dieser Hinsicht die zuverlässigsten Werthe liefern. Nennt man v das Volumen der Flüssigkeit, welche das vom Wasser umgebene Aufnahmegefäss besitzt, s die Eigenschwere, c die Wärmecapacität und t die Temperatur derselben, während v', s', c' und t' das Gleiche für den unmittelbar hineingelassenen Urin und t'' die Temperatur der gleichförmigen Mischung bedeuten, so hat

man für die ursprüngliche Wärme des Harnes $t' = t'' + \frac{v s c}{v' s' c'} (t'' - t)$. Wollte man die Eigenschwere (§. 963) und die specifische Wärme (§. 1557) des Urines und des als Mischungsflüssigkeit gebrauchten Wassers gleich setzen, so erhielte man $t' = t'' + \frac{v}{v'} (t'' - t)$.

Temperatur des Blutes.

§. 1576. Da die Erzeugung von Wasserdämpfen Wärme bindet oder abkühlt und die Erwärmung der Einathmungsluft ein zweites Erniederungsmoment der Temperatur bildet, so wird das hochrothe Blut der linken Kammer kälter als das dunkelrothe der rechten sein, wenn nicht die mechanischen und chemischen Wärmequellen jenen Verlust ausgleichen. Berger bemerkte schon, dass die Blutmasse des rechten Vorhofes des Schafes 41°,40 C. darbot, während die des linken nur 40°,90 C. zeigte. Hering erhielt 39°,4 C. und 38°,4 C. für die beiden Herzhälften eines mit Herzektopie (§. 409) versehenen Kalbes, und G. Liebig [40]) bestätigte diese Art von Temperaturunterschied für lebende und frisch getödtete Hunde. L. Fick [41]) giebt die gleichen Wärmewerthe (= 38°,75 C.) für die beiden Herzhälften von Hunden, in die er das Thermometer successiv geschoben hatte, an. Es ereignete sich hierbei, dass ein durch eine Trepanöffnung blossgelegter Hirntheil (= 39°,1 C.) und der Mastdarm (= 39°,4 C.) noch höhere Zahlen, als das Herz in einzelnen Fällen anzeigten.

§. 1577. Das Blut, das in den grösseren Arterien fliesst, geht an nicht wesentlich kälteren Nachbargebilden hin. Es kann daher nicht viel Wärme abgeben und wird in den verschiedenen Hauptstämmen gleichförmiger temperirt bleiben. Der Inhalt der Haargefässe der verschiedenen Körpertheile erleidet durchgreifendere Temperaturveränderungen. Die Blutwärme muss daher in den verschiedenen Venen beträchtlicher abweichen. Man kann von vornherein erwarten, dass das Blut der Hautvenen kälter, als das der Venen der inneren Körperorgane ist. Der Inhalt der unteren Hohlvene ist nach G. Liebig wärmer, als der der oberen und selbst der des rechten Herzens. Man stösst daher, nach ihm, auf Schwankungen, je nachdem das Athmen mehr Blut aus der unteren, als aus der oberen Hohlvene ansaugt oder nicht.

§. 1578. Die Frage, ob das Blut einer gegebenen Schlagader kälter oder wärmer sei, als das der ihr entsprechenden Blutader, ist im höchsten Grade unbestimmt. Da die Wärmequellen und die Abkühlungsmomente mit den Organen und den äusseren Nebenbedingungen wechseln und die Wärmecapacitäten und die gegenseitigen Volumenbeziehungen der beiden Blutarten abweichen, so können hier die verschiedensten positiven und negativen Differenzen zum Vorschein kommen. Nimmt man die Temperatur des Venenblutes vor oder nach der des arteriellen, so erhält man keine mit Sicherheit vergleichbare Grössen. Man kann daher keine allgemeinen Schlusssätze daraus entnehmen, dass Breschet und Becquerel das Blut der Schenkelvene des Hundes um 0°,8 bis 1°,1 C. kälter, als das der Schenkelarterie fanden. Führt man ein Thermometer in die Carotis und ein zweites in die äussere Drosselvene eines Hundes ein, so können die gleichzeitigen Wärmegrössen in beiderlei Richtungen schwanken.

§. 1579. Da die Eigenwärme der Differenz der Wirkungen der Wärmequellen und der Abkühlungsmomente entspricht, so hängt ihr Werth von der wechselseitigen Compensation dieser beiden Grössen ab. Wir wissen aus Erfahrung, dass wir im Winter nach dem Genusse von Speisen oder von geistigen Getränken weniger frieren, der Hunger das Kältegefühl steigert und starke Muskelbewegungen warm machen. Eine Temperatur, die einem gesunden Menschen behaglich vorkommt, erzeugt ein unangenehmes Kältegefühl in einem Schwindsüchtigen, dessen Respirationsgrösse mit der Vereiterung eines Theiles seiner Lungen gesunken ist. Wir werden hieraus schliessen, dass die Einfuhr passender Stoffe, die Zunahme der Athmungsquantität und die Muskelverkürzung merkliche Wärmequellen erzeugen. Die wissenschaftliche Untersuchung kann diese Folgerung näher erhärten.

Maass der Eigenwärme.

§. 1580. Lässt man ein warmblütiges Geschöpf verhungern, so nimmt seine Eigenwärme mit beschleunigter Geschwindigkeit ab. Hat sie sich kurz vor dem Tode ihrem Minimum genähert, so wird das schwache Thier nach Chossat, lebhafter, wenn man seine Abkühlungsmomente verkleinert, indem man es z. B. in eine Temperatur von 37° bis 40° C. versetzt. Es braucht dann weniger auszugeben und kann eine grössere Eigenwärme, die seine Körperthätigkeiten erleichtert, für sich bewahren. Kurze Fastenzeiten oder eine ungenügende Ernährung, wie sie bei der Hungercur Syphilitischer vorkommt, führen nicht nothwendig zu einer merklichen Abnahme der Eigenwärme.

Verhungern.

§. 1581. Die beschränkte oder vollkommene Elementaranalyse der organischen Verbindungen, die den Lebensprocess begleitet, liefert die hauptsächlichste Wärmequelle, mittelst deren ein warmblütiges Geschöpf seinen Wärmeüberschuss behauptet. Das wache hungernde Thier verbrennt verhältnissmässig bedeutende Mengen von Körperbestandtheilen. Es kann daher einen beträchtlichen Wärmeüberschuss bis zum Tode bewahren. Man stösst dagegen auf wesentlich verschiedene Verhältnisse in den erstarrten Winterschläfern. Liegt ein Murmelthier in tiefem Winterschlafe, so dass die auf die Zeiteinheit bezogenen Zahlen seiner Herzschläge und seiner Athemzüge auf ein Minimum zurückgeführt sind, so kann die Wärme der Mundhöhle oder des Mastdarmes nur 0°,5 bis 1°,0 C. mehr, als die niedere Temperatur seiner Umgebung betragen. Wacht es auf, so steigt seine Eigenwärme mit der Rückkehr der Lebhaftigkeit des Kreislaufes und der Athembewegungen. Es gleicht zuletzt jedem anderen wachen Säugethiere. Ich fand als Regel, dass die Mundhöhle und die vordere Körperhälfte der tief eingeschlafenen Murmelthiere wärmer war, als der untere Theil des Mastdarmes und die Leistenbuge. Das Gefühl der Hand erkennt schon oft den Unterschied ohne Weiteres. Nehmen wir einige Zahlen als Beispiel, so haben wir:

Elementaranalyse.

Murmelthier				Wärme der Umgebung in Celsiusgraden.
Schlafend Wärme in Celsiusgraden.		Wach. Wärme in Celsiusgraden.		
Mundhöhle.	Mastdarm.	Mundhöhle.	Mastdarm.	
14°,5	11°,7	—	—	+ 6°,5
—	—	35°,9	33°,9	+ 5°,6
8°,3	7°,6	—	—	+ 7°,2
—	—	37°,6	33°,8	+ 7°,8

Werden die Herzschläge und die Athemzüge während der Untersuchung lebhafter, so steigt oft die Eigenwärme um mehrere Grade in wenigen Minuten. Die Murmelthiere erwachen übrigens nicht bloss, wenn sie dem Einflusse höherer Temperaturen ausgesetzt werden. Eine Kälte von — 3° bis — 6° C. ist ein eben so sicheres Erweckungsmittel, als anhaltende mechanische Reize, wiederholte elektrische Ströme oder höhere Temperaturgrade.

§. 1582. Da die Einfuhr von Substanzen, welche die Elementaranalyse vergrössern, die Wärmequellen vermehrt, so kann auch die Eigenwärme nach der Mahlzeit oder dem Genusse von geistigen Getränken zunehmen. Sehr kalte Flüssigkeiten dagegen werden sie eher herabsetzen. Man sieht dieses nach der Einspritzung kalten Wassers in die Blutmasse. Die örtliche Einwirkung der Kälte wird nur dann eine beträchtliche Abnahme der Eigenwärme erzeugen, wenn die Wärmequellen mit geringerer Geschwindigkeit der Abkühlung nachkommen. Das Erfrieren der Theile bildet den Schluss dieses Missverhältnisses. Die Abnahme der Wärme schreitet hier mit beschleunigter Schnelligkeit fort. Sie fällt relativ klein im Anfange aus. Breschet und Becquerel fanden daher nur eine Differenz von 0°,2 C. für den zweiköpfigen Armmuskel, wenn der Arm eine Zeitlang in gefrierendem Wasser gehalten wurde.

Athmung.

§. 1583. Die Athmung kann die Wärmequellen, die von der Elementaranalyse der Körpertheile oder der eingeführten Speisen und Getränke herrühren, durch eine verhältnissmässig reichlichere Zufuhr von Sauerstoff merklich erhöhen. Bleibt der Gaswechsel in den Lungen dem Volumen nach constant, so werden die Gewichtsmengen des eingeführten Sauerstoffes und der ausgeschiedenen Kohlensäure mit der Temperaturerniedrigung wachsen (§. 733). Die Kälte führt in dieser Hinsicht ihr eigenes Verbesserungsmittel in sich, indem sie den Verbrennungsprocess erhöht. Wird mehr Verbrennbares eingeführt, so lässt sich der Verlust, den die stärkere Abkühlung erzeugt, um so eher ersetzen.

Einfluss des Volumens.

§. 1584. Ein kleinerer Körper kühlt unter sonst gleichen Verhältnissen rascher ab, weil er relativ mehr Oberfläche den niederen temperirten Nachbartheilen darbietet. Die Erfahrung lehrt aber, dass die kleineren Säugethiere und Vögel keine niedereren Werthe der Eigenwärme, als die grösseren haben. Wir müssen hieraus schliessen, dass sie mehr Wärmequellen und vorzüglich einen grösseren Verbrennungsprocess (§. 1592), als die umfangreicheren Geschöpfe besitzen. Der Vergleich der relativen Mengen der eingenommenen Nahrungsmittel, des verzehrten Sauerstoffs

und der ausgehauchten Kohlensäure bestätigt diese Auffassungsweise. Wir haben als Mittelwerthe:

Geschöpf.	Mittleres Volumen in Cubikcentimetern.	Ständliche auf 1 Kilogr. kommende Durchschnittsmenge in Grm.		
		Nahrungsmittel.	Verzehrter Sauerstoff.	Ausgehauchte Kohlensäure.
Mensch	51000	2,26	0,62	0,72
Alte Hunde	5790	—	1,19	1,26
Junge sehr fette Hunde	755	—	1,05	1,10
Alte Kaninchen	3370	—	0,85	1,03
Junge Kaninchen	201	—	1,26	1,44
Mäuse	9,9	16,4	10,87	12,33
Tauben	317	—	1,31	1,54
Kreuzschnabel	27	—	10,97	12,03

Die Maus verzehrt also im Durchschnitt verhältnissmässig 8 Mal so viel Nahrung, als der Mensch. Sie nimmt mehr, als das 17fache an Sauerstoff auf und scheidet in gleichem Maasse mehr Kohlensäure aus. Der gegenseitige Vergleich der Einzelwerthe lehrt übrigens, dass der Körperumfang allein mit der Grösse der Einnahmen und der gelieferten Kohlensäuremassen nicht parallel geht und dass sich die eigenthümlichen Beziehungen der Organisation und der Nahrung als wesentliche Bestimmungsglieder geltend machen.

Alter.

§. 1585. Der kindliche Organismus, der eine relativ grössere Athmungsintensität als der Erwachsene darbietet, besitzt deshalb auch eine verhältnissmässig reichlichere Quelle der Wärmebildung. Sein kleineres Volumen liefert dafür ein stärkeres Abkühlungsmoment. Die sparsameren Bewegungen und vielleicht auch die grössere Wärmecapacität seiner wasserreichen Körpertheile werden seine Eigenwärme ebenfalls relativ kleiner erscheinen lassen. Die Erfahrung lehrt, dass sich im Allgemeinen Gewinn und Verlust ähnlich wie im Erwachsenen ausgleichen. Der Mastdarm des Neugeborenen zeigt z. B. im Durchschnitt, nach Bärensprung, 37°,8 C. unmittelbar nach der Geburt, 36°,7 C. etwas später und 37°,6 C. in den ersten zehn Lebenstagen. Die Scheide der Mutter gab in Mittel 37°,9 C. vor und 37°,8 C. unmittelbar nach der Entbindung, während der Mastdarm des zur Welt gekommenen Kindes 37°,9 C. lieferte.

Ausdünstung.

§. 1586. Die künstliche Unterdrückung der Hautausdünstung, die den Tod nach kurzer Zeit herbeiführt, setzt auch die Eigenwärme bedeutend herab. Hatten Breschet und Becquerel die äussere Oberfläche eines Kaninchens mit einem luftdichten Firniss bestrichen, so war die Wärme der Muskeln, die früher 38° C. betrug, auf 24°,5 bis 20°,0 C. im Laufe einer Stunde gesunken.

Muskelbewegung.

§. 1587. Da die Stoffe, welche der Elementaranalyse in dem hungernden Geschöpfe verfallen, von den Körperthätigkeiten herrühren, so lässt sich erwarten, dass diese ein theilweises Maass der Wärmebildung

liefern. Die tägliche Erfahrung lehrt schon, dass die mannigfachen Körpergewebe verschiedenartig wirken. Wir erwärmen uns durch starke Muskelbewegung, nicht aber durch angestrengtes Nachdenken. Helmholtz fand auch durch thermoelektrische Beobachtungen, dass die Temperatur der in Starrkrampf versetzten Schenkelmuskeln von Froschpräparaten, deren Rückenmark von elektrischen Schlägen erregt worden, um 0°,14 bis 0°,18 C. stieg. Die Wärme der Nerven nahm gar nicht zu oder hob sich höchstens um 0°,002 bis 0°,003 C. Breschet und Becquerel sahen die Eigenwärme des zweiköpfigen Armmuskels um 0°,5 C. steigen, wenn er mehrere Male hinter einander zusammengezogen wurde. Sägte der Mensch fünf Minuten lang, so erhöhte sich die Wärme des Biceps um 1° C.

Genitalien der Frau.

§. 1588. Fricke, Gierse und Bärensprung konnten keine wesentliche Aenderung der Eigenwärme in der Scheide menstruirender oder schwangerer Frauen bemerken. Sie steigt nicht wesentlich während der Dauer der Wehen, nimmt während der Geburt in geringem Maasse zu (= 0°,3 bis 0°,7 C.) und scheint auch durch die Wochenbettreinigung vergrössert zu werden. Die schwangere Gebärmutter pflegt eine etwas höhere Temperatur (= 1° C.) darzubieten. Der Fötus zeigt ungefähr die gleiche Wärme, wie die ihn umschliessende Gebärmutter.

Tagesschwankungen.

§. 1589. Die täglichen Schwankungen der Eigenwärme werden von der Nahrungsweise und den Körperthätigkeiten abhängen. Die Curven, welche verschiedene Forscher zur Erläuterung derselben entworfen haben, bilden daher den Ausdruck einzelner Fälle, die mit der Nahrung und den Leistungen der Körperorgane nach Maassgabe der Lebensweise wechseln. Man findet meistentheils zwei tägliche Maxima und zwei Minima. Die späte Abends- und die frühe Morgenzeit pflegen die niedersten Wärmewerthe aus leicht begreiflichen Gründen zu liefern.

Subjective Temperaturempfindungen.

§. 1590. Die subjectiven Empfindungen der Kälte oder der Hitze, denen wir unter krankhaften Verhältnissen häufig begegnen, gehen dem Wechsel der Eigenwärme nicht parallel. Diese steigt während des Frostanfalles der Fieber und selbst vor dem Beginn desselben, geht nach und nach um 2° bis 4° C. in die Höhe und nimmt erst später, meist während der Dauer der Schweissbildung ab. Cholerakranke, deren Eigenwärme um 10° C. im Mastdarme gesunken ist, können dessenungeachtet das unerträglichste Hitzegefühl darbieten. Das heftigste Fieber, bei dem der Kranke zu verbrennen glaubt, erhöht die Eigenwärme um wenige Celsiusgrade.

Fieber.

§. 1591. Der Arzt, der die Hautwärme mit der Hand untersucht, darf sich durch die hierdurch gewonnenen Schätzungen nicht täuschen lassen. Ist die Haut während eines Frostanfalles des Fiebers blass und blutarm, so fühlt sie sich kalt an und zeigt selbst einen niedereren Wärmegrad am Thermometer. Die Mundhöhle oder der Mastdarm besitzen aber gleichzeitig eine höhere Temperatur. Kommt uns eine Hautstelle brennend heiss vor, so rührt dieses davon her, dass sie eine grössere Wärmemenge unserer Hand in der Zeiteinheit mittheilt. Dieses kann aber nicht bloss von ihrer eigenen Temperatur, sondern auch von ihrer Wärmecapacität (§. 1557) abhängen. Das Thermometer liefert in der Regel eine geringere Temperaturerhöhung der Bauchdecken eines Typhuskranken, als die fühlende Hand anzuzeigen scheint.

Quellen der Wärmebildung.

§. 1592. Fast alle Einflüsse, welche die Physik als Ursachen der Wärmeerzeugung kennt, die Compression, die Reibung, die Capillaranziehung, die Wirkungen des Lichtes, elektrische Ströme und chemische Processe können zur ursprünglichen Wärmeerhöhung des thierischen Körpers beitragen. Die beschränkte Elementaranalyse, die der eingeathmete Sauerstoff möglich macht, liefert aber die Hauptquelle der thierischen Eigenwärme. Die Verbrennung oder Heizung macht hier eine gewisse Wärmemenge frei. Sie kann zur Deckung der Wärmeverluste und zur Erhöhung der Temperatur der thierischen Theile verwandt werden. Die Menge des verzehrten Sauerstoffes und der ausgeschiedenen Kohlensäure oder die thermischen Uebersetzungen jenes Verbrennungsprocesses können die gröbsten Umrisse der thierischen Wärmebildung anzeigen. Sie geben aber noch keine Detailaufschlüsse, weil eine grosse Anzahl anderer Bedingungsglieder nebenbei eingreifen.

Wärmeverluste.

§. 1593. Die Hauptquellen der Wärmeverluste liegen in der Mittheilung von Wärme an kältere Körper, der Wärmestrahlung (§. 1556), der Verflüssigung und der Verdunstung. Dehnt sich ein Körper in höherer Temperatur aus, so wächst im Allgemeinen seine Wärmecapacität mit der Abnahme der Dichtigkeit. Er würde daher schon eine gewisse Menge von Wärme in sich aufnehmen, wenn auch sein Volumen unverändert bliebe. Die Vergrösserung seines Rauminhaltes fodert eine zweite Quantität von Wärme. Die Aenderung des Aggregatzustandes bindet daher eine gewisse Wärmegrösse, die aus der Summe zweier Glieder besteht. Die eine gehört der erhöheten Wärmecapacität bei constantem Volumen und die andere der Volumensvergrösserung an. Man findet daher, dass die Schmelzung und die Verdunstung eine gewisse Menge von Wärme latent machen und die Erstarrung der tropfbaren Flüssigkeiten und die Verdichtung der Dämpfe und der Gase eine entsprechende Wärmemenge frei geben.

Wärmeeinheiten.

§. 1594. Man pflegt die Verbrennungswärme und die gebundene Wärme auf die gleichen Einheiten zurückzuführen, um sie unter einander vergleichen zu können. Ein Kilogramm Wasser von 79°,1 C. verwandelt ein Kilogr. Eis von 0° in Wasser von 0°. 79°,1 C. werden daher bei der Schmelzung gebunden. Da man diesen Werth als Einheit zum Grunde legt, so soll der Ausdruck, dass z. B. der Kohlenstoff 96,5 Verbrennungswärme besitzt, bedeuten, dass 1 Kilogr. Kohlenstoff bei der vollständigen Verbrennung so viel Wärme entwickelt, dass hierdurch 96,5 Kilogr. Eis geschmolzen würden. Die hierbei frei werdenden Wärmegrade gleichen daher $96{,}5 \times 79{,}1 = 7633{,}15$. Die Wärmemenge, die bei dem Verbrennen von 1 Grm. Kohlenstoff erzeugt wird, würde also hinreichen, um die Temperatur von 7633 Grm. Wasser oder jeden anderen Körpers, der die gleiche Wärmecapacität besitzt, um 1° C. zu erhöhen. Der Wasserstoff hat in dieser Hinsicht 34543, nach Dulong und Andrews, nach anderen Angaben dagegen nur 23318.

Verdunstet eine Gewichtseinheit Wasser bei der Temperatur t^0 C., so hat man für die Zahl w der Wärmeeinheiten, die bei der Verdampfung gebunden werden, die Gleichung: $w = 606{,}5 - t\,(0{,}695 + 0{,}00004\,t + 0{,}0000009\,t^2)$, wobei die zwei letzteren Glieder in den meisten Fällen unbeachtet bleiben können. Verdampft z. B. 1 Grm. Wasser in unseren

Lungen bei 37°,5 C., so geht hierdurch eben so viel Wärme verloren, als nöthig wäre, um 580,4 Grm. Wasser von 0° auf 1° C. zu erwärmen.

Wärmestatik.

§. 1595. Könnte man den Gewinn an Wärmeeinheiten, den die beschränkte Elementaranalyse für einen gewissen Zustand eines Menschen in einer Zeiteinheit liefert, bestimmen und den Verlust, den die Verdunstung in derselben Zeitgrösse erzeugt, berechnen, so liesse sich nach dem Ueberschusse beurtheilen, wie viel für die Ableitung, die Strahlung und die Eigenwärme übrig bleiben. Man ist nicht im Stande, die Aufgabe auf einer irgend sicheren Grundlage zu lösen. Wollte man sich auch an die Mittelwerthe des verzehrten Sauerstoffes, der ausgeschiedenen Kohlensäure und des verdunsteten Wassers halten, so würden zwei andere Umstände jeden sicheren Fortschritt hemmen. Verbrennt ein organischer Körper, so liefert er andere Grössen der Verbrennungswärme, als der Summe der Verbrennungswärmen seines Kohlenstoffes und Wasserstoffes entspricht. Da sich aber die der Elementaranalyse unterworfenen Verbindungen nicht genau angeben lassen, so kann man die frei werdenden Temperaturgrössen nicht sicher berechnen. Die Wärmecapacität der Körperorgane entscheidet erst, wie viel Wärme zum Vorschein kommt. Wir haben aber schon §. 1558 gesehen, dass man auch diese Werthe noch nicht hinreichend erforscht hat.

§. 1596. Versucht man vorläufig die Bestimmung der Wärmegrössen nach den Werthen des verbrennenden Kohlenstoffes und Wasserstoffes und der Quantitäten der erzeugten Wasserdämpfe, so sieht man wenigstens, dass die beschränkte Elementaranalyse den Haupttheil der sämmtlichen gewöhnlichen Wärmeverluste decken und eine bedeutende Wärmequantität als Eigenwärme zurücklassen kann. Man findet zugleich, dass die Lungen keine bedeutend höhere Temperatur, als die übrigen Organe darzubieten brauchen, wenn selbst der eingeathmete Sauerstoff den Haupttheil der Elementaranalyse in den Athmungscapillaren einleitet.

Erfrieren.

§. 1597. Entzieht die Umgebung den Körpertheilen mehr Wärme, als die Wärmequellen des Organismus in der gleichen Zeit ersetzen können, so führt die Abnahme der Eigenwärme nach und nach zu einer Reihe von Störungen, die wir unter dem Namen des Erfrierens zusammenfassen. Die Haut, welche den kalten Nachbarkörper unmittelbar berührt, unterliegt in dieser Hinsicht leichter, als die inneren Organe, die sich meistentheils des Schutzes des schlecht leitenden subcutaneen Fettes erfreuen und stärkere Wärmequellen einschliessen. Die Ohren, die Nase, die Hände und die Füsse erfrieren am leichtesten, weil sie verhältnissmässig mehr Oberfläche darbieten und den kalten Luftströmen oder dem kalten Fussboden am meisten ausgesetzt sind.

§. 1598. Die Temperaturabnahme verlangsamt den Blutlauf in den feineren Gefässen (§. 464). Die kalten Hautstellen, durch die das Blut der Capillargefässe durchschimmern kann, werden daher zuerst roth und später blau. Die Geschwindigkeiten der Nervenleitung und der Muskelverkürzung nehmen allmälig ab und werden endlich Null. Die Störungen des Kreislaufes können zu örtlichem Brande (§. 1297) und die der Nerventhätigkeiten zu einem schlafähnlichen Zustande, zu Lähmung des Herzschlages und der Athembewegungen und mithin zum Tode führen. Der immer mehr erkaltende Körper gefriert endlich, so dass zuletzt die anschies-

senden Eiskrystalle die weicheren Gewebe zerreissen. Das wieder erwärmte Gehirn erfrorener Menschen bildet daher oft einen Brei, in dem die meisten Nervenfasern zerrissen und die Ganglienkugeln grösstentheils zerstört sind. Frösche können sich wieder erholen, wenn selbst ihre Bauchhöhle mit zahlreichen Eisschollen gefüllt war.

§. 1599. Die Nerven und die Muskeln der Amphibien verlieren ihre Lebenseigenschaften, wenn sie eine Zeit lang in Wasser von 40° bis 43° C. verweilt haben. Diese Temperaturgrenze rückt für warmblütige Wesen weiter hinaus. Sie übersteigt aber nicht die Werthe von 50° bis 55° C. Flüssigkeiten, welche diesen Wärmegrad besitzen, brennen in hohem Grade. Man kann dessenungeachtet die Haut in ein siedendes Metall für einen Augenblick tauchen, ohne dass Schmerzen oder andere nachtheilige Wirkungen zum Vorschein kommen. Diese Erfahrung, welche die Arbeiter in Schmelzhütten häufig gemacht haben, erklärt sich aus den Eigenschaften der Dämpfe, welche in diesem Falle verbessernd eingreifen.

Verbrennung.

Die abstossende Wirkung der Wärme kann die Adhäsion verkleinern und sie endlich ganz aufheben. Lässt man einen Wassertropfen auf ein glühendes Metallblech fallen, so haftet er ihm nicht, wie sonst, an. Er behält eine sphäroidale Gestalt und wird durch einen mit Dampf gefüllten Zwischenraum von der Metallmasse getrennt. Dieser Leidenfrost'sche Versuch gelingt mit allen verdampfbaren Flüssigkeiten und zwar bei um so niedereren Temperaturen, je flüchtiger das gebrauchte Fluidum ist. Flüssige schwefelige Säure, die sonst bei — 12° C. verdunstet, bildet noch eine sphäroidale Masse in einem glühenden Platintiegel.

Ein Mensch kann die Hand für kurze Zeit in den Fluss von Blei, Bronze oder selbst Eisen einsenken. Man verfährt aber weit sicherer, wenn man vorher die Haut mit einer leicht verdunstenden Flüssigkeit bestreicht. Boutigny empfiehlt, die Hand mit Seife zu waschen und dann in eine wässerige Salmiaklösung, die mit schwefeliger Säure gesättigt worden, zu bringen. Eine starke Aetherschicht kann die gleichen Dienste leisten. Die Verdunstung bindet einen gewissen Grad von Wärme und die Dampfschicht, die sich zwischen der Haut und dem geschmolzenen Metalle einschaltet, hindert die Wärmeleitung. Die strahlende Wärme wird aber zum Theil zurückgeworfen und zum Theil zu neuer Dampfbildung an der Haut verwendet. Es kann sich ereignen, dass ein Mensch, der sich seine Hand mit Aether bestrichen hat, ein Kältegefühl bemerkt, wenn sie sich in dem geschmolzenen Metalle befindet. Die Fortdauer der Adhäsion bewirkt es dagegen, dass wir uns die Finger in siedendem Wasser verbrennen.

§. 1600. Höhere Hitzegrade rauben den thierischen Theilen einen Theil ihres Wassergehaltes. Die Verbrennungsstelle eines Fingers erscheint daher härter und die nachtheiligen Folgewirkungen bleiben aus, wenn wir sie fortwährend unter Wasser halten, bis kein Schmerz mehr bei dem Aufenthalte in der Luft entsteht. Noch bedeutendere Wärmegrössen verkohlen die Gewebe. Die Flüssigkeiten verwandeln sich zum Theil in Dämpfe von sehr grosser Spannkraft. Man findet daher z. B. in Leichen von Menschen, die in hohen Temperaturen rasch zu Grunde gegangen sind, die Bauchdecken zerrissen, viele Körpertheile verkleinert und andere bis zur Unkenntlichkeit

verkohlt. Alle Gewebe, welche die Wärme durchgreifend zersetzt hat, sind zur Unterhaltung des Lebensprocesses untauglich geworden. Oertliche beschränkte Zerstörungen der Art führen daher zu Folgeerscheinungen, die mit denen des Brandes (§. 1297) übereinstimmen.

Thierische Elektricität.

Elektrische Erscheinungen.

§. 1601. Die ungleichartige Beschaffenheit der benachbarten Elementartheile verleiht vielen Geweben elektromotorische Eigenschaften, welche die thierisch-elektrischen Ströme möglich machen. Die statische oder die Spannungselektricität, wie sie z. B. die Elektrisirmaschinen liefern, die bewegte oder die Strömungselektricität, welche die geschlossenen galvanischen Kreise darbieten und die Inductionselektricität, die wir in den magnet-elektrischen Maschinen erhalten, zwingen die Muskeln und die Nerven zu neuen Thätigkeiten, indem sie die der Ruhe entsprechenden Molecularverhältnisse ändern. Sie liefern deshalb wichtige Hülfsmittel für viele physiologische Forschungen und dienen häufig dem Arzte zu den mannigfachsten Heilungsversuchen. Eine klare Einsicht in diese Elektricitätserscheinungen des lebenden Körpers setzt die Kenntniss einer Reihe physikalischer Begriffe und Normen voraus, die wir hier kurz berühren wollen. Wir beschränken uns dabei auf die galvanischen und die elektrodynamischen Phänomene, weil diese am häufigsten in Betracht kommen.

Elektromotoren.

§. 1602. Die wechselseitige Berührung zweier ungleichartiger Körper ändert die elektrischen Zustände ihrer Contactflächen. Positive Elektricität häuft sich an der Berührungsfläche des positiven Erregers oder Elektromotors und negative an der des negativen an, bis das Streben der Wiedervereinigung der elektromotorischen Kraft das Gleichgewicht hält. Der elektrische Unterschied, den ein gegebenes Elektromotorenpaar liefert, ist daher eine beständige, von ihrer elektromotorischen Kraft abhängige Grösse, die sich durch die äussere Zufuhr oder Ableitung von Elektricität nicht ändern kann, die an der einen Fläche zu doppelter Grösse anwächst, wenn die freie Elektricität an der anderen durch Vertheilung in einem unendlich grossen ableitenden Körper, wie der Erdboden, Null wird. Da die elektromotorische Kraft, welche die Dichtigkeit und die Spannung der frei gewordenen Elektricität bestimmt, von der Berührung der ungleichartigen Massen abhängt, so nimmt sie durch die Vergrösserung der berührenden Oberflächen nicht zu. Die Quantität der frei werdenden Elektricitäten wächst aber in diesem Falle.

Spannungsreihe.

§. 1603. Stellt man die einfachen Stoffe so zusammen, dass je einer derselben positive Elektricität frei macht, wenn er mit einem folgenden, und negative, wenn er mit einem vorhergehenden verbunden wird oder umgekehrt, so erhält man eine Spannungsreihe. Geht man z. B. von den positiven Elektromotoren zu den negativen über, so hat man: Wasserstoff, Zink, Eisen, Blei, Kupfer, Silber, Gold, Platin, Kohle und Sauerstoff. Bringen wir Zink nach und nach mit Kupfer, Platin und Kohle trocken und unter den gleichen Nebenverhältnissen zusammen, so wird es immer positiv erscheinen. Der Spannungsunterschied wird aber bei dem Gebrauche des Platins grösser, als dem des Kupfers, und der Anwendung der Kohle grös-

ser, als der des Platins sein, weil die Abstände in der Spannungsreihe für das Platin und die Kohle wachsen.

§. 1604. Schaltet man Wasser oder eine wasserreiche Flüssigkeit zwischen zwei verschiedenen Stoffen ein, so lässt sich die elektrische Beschaffenheit nach den Normen der Spannungsreihe nicht mehr beurtheilen. Taucht man z. B. eine Zink- und eine Kupferplatte, die sich nicht wechselseitig berühren, in Wasser oder verdünnte Schwefelsäure, so erscheint das Zink negativ und das Kupfer positiv oder weniger negativ als das Zink. Platina oder Kohle liefert dann ebenfalls den positiven Pol, d. h. die Orte, von denen sich positive Elektricität ableiten lässt, während das Zink den negativen darbietet. Die mit den Polen verbundenen Elektricitätsleiter heissen die Elektroden oder die Poldrähte.

§. 1605. Eine Combination eines oder mehrerer Erregerpaare, dessen Elektricitäten gar nicht abgeleitet werden, bildet eine offene Kette. Steht nur der eine Pol mit einem ableitenden Körper in Verbindung, so hat man eine unipolare und bei einer Vereinigung beider Pole eine bipolare Ableitung. Die §. 1602 angegebenen Verhältnisse lassen unmittelbar bestimmen, wie sich die Erscheinungen der offenen Kette und der unipolaren Ableitung gestalten werden.

§. 1606. Man schliesst eine einfache Kette, ein einfaches Element oder eine Reihe von Erregerpaaren, eine Säule, indem man die beiden Pole durch einen leitenden Bogen verbindet und einen galvanischen Kreis auf diese Art herstellt. Die Spannungsgrösse der frei gewordenen Elektricität liefert die Triebkraft, welcher der Durchgangswiderstand des Leiters entgegensteht. Ist die Grösse des letzteren in Verhältniss zur ersteren klein, so wird sich auch der Elektricitätsunterschied um so eher ausgleichen. Soll dieses nicht geschehen, so muss sich an einer Stelle des Kreises ein Körper befinden, der einen grossen Leitungswiderstand darbietet. Die meisten tropfbaren Flüssigkeiten leisten diesen Dienst, weil sie einen sehr grossen Widerstand dem Durchgange der Elektricität entgegensetzen. Enthält der galvanische Kreis nur Metalle, so gleichen sich die freigewordenen Elektricitäten in sehr kleinen Zeittheilen fortwährend aus. Die Einschaltung von Wasser oder eines wasserhaltigen Körpers dagegen lässt es zu diesem Extreme nicht kommen.

Stromesrichtung.

§. 1607. Kann die Spannung den Leitungswiderstand überwinden, so werden die beiden Elektricitäten in dem geschlossenen Kreise fortzuschreiten anfangen. Die von dem positiven Elektromotor ausgehende positive Elektricität strömt durch den Bogen nach dem negativen und die negative nach dem positiven Pole. Die Begegnung beider führt zur wechselseitigen Ausgleichung. Stellt aber die elektromotorische Kraft der Erreger den früheren Spannungsunterschied wieder her, so wird die Bewegung ununterbrochen fortdauern.

Man hat auf diese Weise zwei entgegengesetzte Elektricitätsströme in jedem thätigen galvanischen Kreise. Man pflegt der Kürze wegen die Richtung des positiven Stromes als die Stromesrichtung des Elementes oder der Kette zu bezeichnen.

Verschiedenheit der Stromesrichtung.

§. 1608. Da die thierischen Theile, die man in den Schliessungsbogen einschaltet, zu den schlechten Leitern, ihres Wasser- und Oelgehaltes

wegen, gehören, so kann der übrige Theil des galvanischen Kreises rein metallisch sein, ohne dass eine augenblickliche Ausgleichung der beiden Elektricitäten zu Stande kommt. Man findet häufig, dass hier die Stromesrichtung der eines feuchten aus den gleichen Elektromotoren zusammengesetzten Elementes entgegengesetzt ist.

Geht sie durch einen Nerven in der Richtung von der peripherischen Endverbreitung nach dem Gehirn oder Rückenmark, so nennt man sie centripetal, central oder aufsteigend. Sie heisst centrifugal, peripherisch oder absteigend in dem entgegengesetzten Falle. Wir wollen nun annehmen, die elektromotorische Kraft, die sich bei der Berührung der Elektroden ab und cd mit dem Nerven bc geltend macht, verschwindet vor der der Erreger z und k, so wird eine trockene Zinkkupfercombination (Fig. 304) einen centralen Strom durch den Nerven führen, wenn eine feuchte (Fig. 305) einen peripherischen durchtreibt.

Fig. 304. Fig. 305.



Stromdichtigkeit.

§. 1609. Die Elektricitätsmenge, die einen gegebenen Querschnitt des Kreises innerhalb der Zeiteinheit durchsetzt, hängt von der Stärke des Stromes ab. Da gleiche Quantitäten durch alle Querschnitte in jedem Augenblicke durchgehen, so muss die Elektricität verdichtet werden, wenn der Querschnitt an einem einzelnen Orte abnimmt, und umgekehrt. Die Dichtigkeit, die Spannung, die Intensität verhält sich also umgekehrt wie der Querschnitt. Nennen wir sie d für eine bestimmte Stelle, die den Querschnitt q darbietet, während die Stromstärke s ist, so erhält man $d = \frac{s}{q}$ für den im Auge behaltenen Ort der Kette.

Leitungswiderstand.

§. 1610. Wir wollen annehmen, wir hätten eine feuchte Kette durch einen metallischen Bogen geschlossen. Die Molecularbeschaffenheit desselben bleibe bei allen Dimensionsverhältnissen gleich, so dass die Grösse der Leitungswiderstände nur von den Längen und Querschnitten abhängt. Nennt man den Leitungswiderstand w, die Länge l und den Querschnitt q, so hat man dann $w = \frac{l}{q}$, d. h. der Widerstand vergrössert sich in geradem Verhältnisse der Länge und in umgekehrtem des Querschnittes. Dieser Satz, der schon aus dem früher Dargestellten theoretisch folgt, gilt jedoch nur für Metalle, deren Temperatur unverändert bleibt und die nicht mit flüssigen Leitern in Berührung kommen.

Specifischer Leitungswiderstand.

§. 1611. Legt man ein bestimmtes Metall zum Grunde und nimmt den Leitungswiderstand, den es bei einer gegebenen Längen- und Querschnittseinheit darbietet, zum Ausgangspunkte, so lässt sich hierauf der Leitungswiderstand anderer Metalle oder anderer Körper, welche die gleichen Nebenbedingungen darbieten, zurückführen. Man erhält dann einen Werth w für den specifischen Leitungswiderstand, der für das zur Basis gewonnene Metall und die vorausgesetzten Dimensionseinheiten 1 ist. Die allgemeine Gleichung der hiervon abweichenden Bedingungen dagegen ist

$w' = k \frac{l}{q^2}$. Man kann hiernach berechnen, welche Länge und Dicke eines bestimmten Metalldrahtes einen äquivalenten Werth mit einem anderen als Theil eines Schliessungsbogens darzubieten im Stande ist. Die Zunahme der Wärme erhöht den Werth von k in ungleichem Maasse für die verschiedenen Metalle.

Leitungswiderstand der Flüssigkeiten.

§. 1612. Die Leitungswiderstände der Flüssigkeiten wechseln bisweilen schon mit den Elektricitätsquellen. Er nimmt hier mit der Erwärmung ab und zwar bei tieferen Temperaturen stärker als bei höheren. Die gleichen Flüssigkeiten der warmblütigen Geschöpfe werden daher unter sonst übereinstimmenden Verhältnissen besser, als die der kaltblütigen Thiere leiten. Der Werth von w wächst übrigens für Flüssigkeiten ausserordentlich in Vergleich mit dem der Metalle. Halten wir uns an einzelne der in hohem Grade abweichenden Angaben der Physiker und nehmen den Leitungswiderstand des Kupfers bei gewöhnlicher Temperatur (10° bis 20° C.) als Einheit, so ist $w = 4,4$ für Platin und $w = 5153500$ für eine wässerige Kochsalzlösung, die 5,5 % Kochsalz enthält. Setzen wir die gleichen Querschnitte in allen Fällen voraus, so muss jene Kochsalzlösung für jedes Millimeter Länge eben so viel Widerstand erzeugen, als 5,1535 Kilometer Kupferdraht oder 1,171 Kilometer Platindraht. Schaltet man einen Rheostaten, der einen Kupferdraht von einer deutschen Meile (7407 Meter) Länge hat, in einen galvanischen Kreis ein, so wird er nur eben so viel Widerstand erzeugen, als eine Säule der erwähnten Kochsalzlösung von demselben Querschnitt und 1,44 Millimeter Länge. Ein grösserer Querschnitt kann natürlich compensirend eingreifen (§. 1610). Eine concentrirtere Kochsalzlösung leitet besser, als eine verdünntere.

Thiergewebe.

§. 1613. Da die frischen organischen Gewebe bedeutende Mengen von Wasser enthalten, so haben alle galvanischen Kreise, in denen ein Bestandtheil einer Pflanze oder eines Thieres eingeschaltet worden, beträchtliche Leitungswiderstände. Diese fallen aber im Allgemeinen für die lufttrockenen und gleichsam concentrirteren Gewebe noch grösser, als für die mit reichlichen Wassermengen durchtränkten weichen aus. Die Hornmassen der Hautdecken bilden daher Isolatoren der Elektricität. Wir befeuchten die Hände, um die elektrischen Schläge leichter durchgehen zu lassen. Eine concentrirtere Salzlösung leistet hierfür bessere Dienste, als eine verdünntere (§. 1612).

Leitungswiderstand des Menschen.

§. 1614. Mehrere Physiker suchten den Leitungswiderstand des gesammten menschlichen Körpers zu bestimmen. Pouillet giebt an, dass er dem Widerstande eines cylindrischen Kupferdrahtes von 46,94 Kilometer Länge und 1 Millimeter Durchmesser gleiche. Lenz dagegen erhielt unter verschiedenen Verhältnissen 91,74 bis 158,94 Kilometer. Diese Abweichungen können nicht befremden, weil die Frage selbst bei der Unmöglichkeit, die Grösse der Berührungsflächen, den Querschnitt des durchströmten Bezirkes des menschlichen Körpers und den Einfluss der benetzenden Flüssigkeiten sicher anzugeben, in hohem Grade unbestimmt bleibt.

Widerstand der Muskeln und der Nerven.

§. 1615. Man darf mit Recht erwarten, dass die verschiedenen Körpergewebe ungleiche Leitungswiderstände darbieten. Da die Fette schlechter als Wasser leiten, so werden auch die Muskeln die Elektricität besser

durchlassen, als die Nervenfasern. Der Leitungswiderstand der Nerven soll nach Matteucci 4 Mal, nach Eckhard dagegen nur 1,6 Mal so gross, als der der Muskeln sein.

Ohm'sches Gesetz.

§. 1616. Bleibt die Elektricitätsquelle constant, so erhält man verschiedene Stromstärken s' und s'', je nachdem man verschiedene Widerstände w' und w'' hat. Das Product s' w' und s'' w'' bleibt aber dasselbe, so lange die Elektricitätsquelle die gleiche ist. Man kann es daher als ein Maass der letzteren ansehen. Drücken wir daher die entsprechend elektromotorische Kraft durch e aus, so erhalten wir $e = sw$ und $s = \frac{e}{w}$, d. h. die Stromstärke gleicht dem Quotienten der elektromotorischen Kraft und des Gesammtwiderstandes des galvanischen Kreises. Man nennt diese Norm das Ohm'sche Gesetz. Sie und die oben erläuterten Verhältnisse der Länge, des Querschnittes und der Widerstände lassen viele Erscheinungen im Voraus bestimmen.

Innerer und äusserer Widerstand.

§. 1617. Die Flüssigkeit, welche die beiden festen Erreger eines feuchten Elementes (§. 1606) trennt, liefert einen bedeutenden Leitungswiderstand. Da dieser in der Kette selbst liegt, so pflegt man ihn mit dem Namen des inneren oder wesentlichen, des Kettenwiderstandes oder des Widerstandes im Rheomotor und mit dem Buchstaben k zu bezeichnen. Der Schliessungsbogen liefert einen zweiten Widerstand, den man den Leitungswiderstand im engeren Sinne, den äusseren oder ausserwesentlichen Widerstand nennt und daher mit l ausdrückt. Der Gesammtwiderstand w gleicht also $k + l$ und die Ohm'sche Gleichung geht daher in $s = \frac{e}{k + l}$ über. Die nähere Erläuterung dieses Ausdruckes kann uns mehrere wichtige Regeln für den physiologischen und ärztlichen Gebrauch der galvanischen Ketten oder Säulen an die Hand geben.

Wirkungen des inneren und des äusseren Widerstandes.

§. 1618. Gesetzt, wir hätten ein einziges Element, dem die Gleichung $s = \frac{e}{k + l}$ entspricht, so werden n solcher Elemente ne mal so viel elektromotorische Kraft und nk mal so viel Kettenwiderstand liefern. Bleibt hingegen der Schliessungsbogen unverändert, so ist auch der Werth von l constant. Nennen wir die Stromstärke, die n Elementen entspricht, s', so erhalten wir $s' = \frac{ne}{nk + l}$. Der Erfolg wird von den Wechselbeziehungen von k und l abhängen.

Enthält der Schliessungsbogen einen nur geringen Leitungswiderstand, so dass l gegen nk verschwindet, so kann man auch $s' = \frac{ne}{nk} = \frac{e}{k}$ setzen. Es nützt daher nichts, wenn man auch die Zahl der Elemente vermehrt. Diese Aenderung ruft nur eine unmerkliche Verstärkung des Stromes hervor. Besteht hingegen ein Theil des Schliessungsbogens aus einem Körper, der einen sehr grossen Leitungswiderstand darbietet, so wird die Vermehrung der Zahl der Elemente die Stromstärke erhöhen, weil $s' = \frac{e}{k + \frac{l}{n}}$. Es ist daher eben so gut, als sei der beträchtliche Leitungswiderstand von l

auf $\frac{l}{n}$ heruntergesetzt werden. Da dieser Fall in allen thierisch-elektrischen Combinationen wiederkehrt, so kann man hier die Stromstärke bis zu einer gewissen Grenze wachsen lassen, wenn man die Zahl der Elemente der galvanischen Säule vergrössert. Dieses Mittel ist einer Verkürzung oder einer Verschmälerung des thierischen Theiles äquivalent. Es nützt aber nichts, wenn nur ein metallischer Bogen die Kette schliessen soll.

Will man in dem letzteren Falle zum Ziele kommen, so muss man die Oberfläche der Elektromotoren je einer Kette vergrössern. Denken wir uns, wir hätten die n positiven oder negativen gleich dicken Elektromotoren, die wir in dem vorigen Falle gebrauchten, zu einer Masse von der Dicke einer der früheren Platten vereinigt, so wird die elektromotorische Kraft e nicht zunehmen, weil diese von der Oberflächengrösse unabhängig ist. Bleibt aber die Flüssigkeit die gleiche, so ist der Kettenwiderstand n mal kleiner geworden. Nennen wir die Stromstärke s'', so haben wir $s'' = \frac{ne}{k + nl}$. Verschwindet nl gegen k in einer feuchten Kette mit einem metallischen Schliessungsbogen, so erhält man $s'' = \frac{ne}{k}$ oder eine n mal so grosse Stromstärke. Da aber in den thierisch-elektrischen Theilen k gegen nl zurücktritt, so kann hier eine Vergösserung der Oberfläche der Elektromotoren kein passendes Verbesserungsmittel abgeben.

§. 1619. Wir wollen annehmen, der Kettenwiderstand zweier gleich grossen und überall gleich dicken Metallplatten und einer eingeschalteten Flüssigkeit sei k. Wir theilen jede Platte in n gleiche Theile und bauen hieraus eine Säule von n Elementen mit derselben Flüssigkeit auf. Die frühere elektromotorische Kraft e wird hierdurch zu ne, der gesammte Kettenwiderstand dagegen $n^2 k$ werden, weil sich der Widerstand für jedes Element n mal vergrössert und n Elemente vorhanden sind. Wir erhalten daher $s = \frac{ne}{n^2 k + l}$. Differenziren wir diese Gleichung nach s und n, so haben wir für die erste Ableitung $\frac{ds}{dn} = e \cdot \frac{l - n^2 k}{(n^2 k + l)^2}$ und daher, wenn wir diesen Werth $= 0$ setzen, $n^2 k = l$. Da nun die zweite Ableitung, wie man unmittelbar sieht, negativ ist, so heisst dieses, dass die grösste Stromstärke dann vorhanden ist, wenn der Kettenwiderstand dem Leitungswiderstande gleicht. Wir sehen hieraus, dass man Ketten mit kleinen inneren Widerständen mit grösstmöglichem Vortheil nicht gebrauchen kann, wenn sich ein feuchter Körper, z. B. ein thierischer Theil in dem Schliessungsbogen befindet.

Maximum der Stromstärke.

§. 1620. Wir haben uns bis jetzt den Schliessungsbogen einfach gedacht. Stehen aber zwei oder mehrere Leitungsbahnen, abc und adc, Fig. 306, zu Gebote, so wird eine Stromtheilung stattfinden. Jeder der einzelnen Wege liefert eine geringere Stromstärke, als wenn nur ein einfacher Bogen vorhanden wäre. Nennen wir w' den specifischen Leitungswiderstand, q' den Querschnitt, d' die Länge und l' den in Wirksamkeit kommenden äusseren Widerstand von abc, so haben wir $l' = w' \cdot \frac{d'}{q'}$. Die zweite Bahn wird $l'' =$

Stromtheilung.

Fig. 306.



$w'' \frac{d''}{q''}$ geben, wenn l', w'', d'' und q'' die entsprechenden Werthe bezeichnen.

Gesetzt, s sei die Stromstärke des einfachen Schliessungsbogens, s' die von *abc* und s'' die von *adc*, so muss $s = s' + s''$ sein, wenn keine störenden Nebenbedingungen eingreifen. Dieser Gleichung wird aber durch die Werthe $s' = \frac{s l'}{l' + l''}$ und $s'' = \frac{s l''}{l' + l''}$ Genüge geleistet. Wir erhalten hiernach einen Maassstab für die Wirkung der Stromtheilung unter Berücksichtigung der für l' und l'' bedeutungsvollen Werthe des specifischen Leitungswiderstandes, des Querschnittes und der Länge.

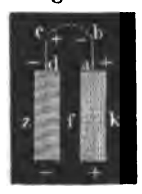
Nebenschliessung in Thiergeweben.

§. 1621. Bedenkt man, dass die elektromotorischen Elemente der thierischen Gewebe, wie der Muskeln, der Nerven durch leitende Flüssigkeiten wechselseitig verbunden sind, so folgt, dass jeder Leiter, den wir hier zwischen zwei verschiedenen Punkten anbringen, nur einen Theil des Stromes auf dem Wege der Nebenschliessung erhalten wird. Man benutzt bisweilen die Nebenschliessung, um einen grossen Theil der durchgeführten Elektricität von einem thierischen Gewebe abzuhalten. Wir können die Gleichung von s' und s'' als $s' = \frac{s}{1 + \frac{l'}{l''}}$ und $s'' = \frac{s}{1 + \frac{l''}{l'}}$ ausdrücken. Denken wir uns, l'' sei sehr gross im Vergleich in l' z. B. *adc* ein thierischer Theil und *abc* ein Metalldraht, so können wir $\frac{l}{l''}$ als Null und $\frac{l''}{l}$ als unendlich gross ansehen. Man hat daher $s'' = s$ und $s' = 0$. Eine metallische Nebenschliessung macht es möglich, dass ein in dem Kreise befindlicher Muskelnerv keine Verkürzung des Muskels im Augenblicke des Schlusses oder der Oeffnung der Kette erzeugt, weil ihn nur ein Minimum des Elektricitätsstromes durchsetzt. Wir werden in der Bewegungslehre Gelegenheit haben, diesen Fall praktisch anzuwenden.

Polarisation.

§. 1622. Bildet ein elektrolysirbarer Körper einen Theil des Schliessungsbogens, so erzeugt die Zersetzung eine gewisse Grösse von Widerstand, den man früher mit dem Namen des Uebergangswiderstandes bezeichnete und der von der Polarisation herrührt. Gesetzt, *bc*, Fig. 307, sei eine Flüssigkeit oder ein mit ihr durchtränkter Theil, so führt die Berührung der positiven Elektrode *ab* zu Ausscheidung eines elektronegativen Körpers und die der negativen *dc* zu der eines elektropositiven. Jeder von diesen beiden bleibt zum Theil an den Endtheilen der Elektroden. Da aber *bc* leitet, so entsteht ein Ladungselement, dessen Stromesrichtung der Hauptströmung entgegengesetzt ist und die ursprüngliche Stromstärke durch Interferenz herabsetzt.

Fig. 307.



Nennt man die elektromotorische Kraft des Ladungselementes p, so hat man $s = \frac{e - p}{k + l + l'}$, wenn e die elektromotorische Kraft der Kette, k ihren Kettenwiderstand, l die Widerstände der Elektroden *ab* und *cd* und l' die Summe der Widerstände in der Flüssigkeit *bc* ist. Die Hauptkette kann daher nur dann mit ihrer Wirkung siegen, wenn

p kleiner als e ist. Es erklärt sich zugleich, weshalb nicht selten die Polarisation nach der Oeffnung der Hauptkette fortdauert.

§. 1623. Die elektrolytische Wirkung geht daraus hervor, dass der positive Pol den negativen Bestandtheil der zerlegbaren Masse anzieht und den positiven frei macht. Indem sich dieses von einem Atom zu anderen fortsetzt, trennen sich die elektronegativen und die elektropositiven Bestandtheile längs der Wirkungssphäre der elektrischen Strömung. Das Wasser besteht z. B. aus je einem Atome des elektronegativen Sauerstoffes und einem Doppelatome des elektropositiven Wasserstoffes. Haben wir nun die positive Elektrode bei + Fig. 308 und die negative bei — und bezeichnen die elektronegativen Atome des Sauerstoffes mit hellen und die elektropositiven des Wasserstoffes mit dunkelen Halbkugeln, so wird die Sonderung, wie es Fig. 308 darstellt, fortschreiten. Da sich aber wieder der Wasserstoff von 1 mit dem Sauerstoff von 2 u. s. w. zu Wasser verbindet, so bleibt nur der elektronegative Sauerstoff an den positiven und der elektropositive Wasserstoff an der negativen Elektrode frei. Dauert die Zersetzung fort und sind die relativen Mengen der beiden Gase, die an den Elektrodenflächen haften bleiben, dieselben, so wird eine Gasmischung von 1 Volumen Sauerstoff und 2 Volumina Wasserstoff oder reines Knallgas aufsteigen, das der elektrische Funke ohne Rückstand eines Gases in Wasser verwandeln kann (§. 746). Da der Zusatz einer geringen Menge von Schwefelsäure den Leitungswiderstand bedeutend verkleinert, so bedient man sich dieses Mittels, um die Wasserzersetzung zu beschleunigen. Der bedeutende Polarisationswiderstand macht aber immer den Gebrauch stärkerer Batterieen nothwendig (§. 1622).

Elektrolyse.

Fig. 308.

1 2 3 4 5 6

§. 1624. Die Elektrolyse führt wenigstens den einen der ausgeschiedenen Bestandtheile nach der entsprechenden Elektrode in einer gewissen Menge hinüber. Man hat bisweilen diesen Umstand benutzt, um Arzeneistoffe in das Innere kranker Körpertheile einzubringen.

Ueberführung durch Elektrolyse.

§. 1625. Jede Wirkung der Elektricität kann natürlich als Maass der Stromstärke benutzt werden. Die Wasserzersetzung giebt ein einfaches Mittel, eine solche Rheometerbestimmung durchzuführen. Man nimmt z. B. häufig, nach Jacobi, als Einheit eine Stromstärke an, die 1 Cubikcentimeter mit Wasserdampf gesättigtes Knallgas von 760 Mm. Barometer und 0° C. in jeder Minute liefert. Dieser elektrochemische Rheometer kann aber nur unmittelbar bei stärkeren Strömen gebraucht werden (§. 1623).

Rheometer.

§. 1626. Die elektrodynamischen Strommesser oder Rheometer beruhen auf den Anziehungs- und Abstossungserscheinungen, welche elektrische Ströme auf benachbarte von Elektricität durchflossene Massen oder auf Magnetstäbe ausüben. Man stellt sich, nach der Ampère'schen Theorie, vor, dass elektrische Ströme die Molecüle des Eisens in den verschiedensten Richtungen umfliessen. Die Magnetisirung desselben oder eines anderen Körpers besteht aber darin, dass jene Elementarströme unter

Elektrodynamische Rheometer.

einander parallel gerichtet werden. Stellt nun z. B. Fig. 309 diese Ströme für die Molecüle eines auf die Achse senkrechten Querschnittes dar, so kann man sich die Resultante aller Elementarströme in einem Magneten als einen fortwährend geschlossenen Oberflächenstrom, dessen Bahnebene die Achse senkrecht schneidet (Fig. 310), vorstellen. Ein schraubig gewundener Draht, *ab*, Fig. 311, durch den ein elektrischer Strom geht, ein elektrodynamischer Cylinder, hat ebenfalls Ströme, deren Stromesebene die Richtung der Achse *ab* senkrecht schneidet, wenn man von dem Uebergange einer Windung zur anderen absieht und das Ganze als eine Succession von Ringen betrachtet. Man nennt ein solches Stromsystem ein Solenoid. Der eingerollte Draht gleicht insofern einem Magneten, als jede Quertheilung desselben einen Nord- und einen Südpol giebt. Das Maximum dieses Gegensatzes fällt in seine Mitte, in einem Magneten dagegen an beide Endpole.

Fig. 309. Fig. 310.

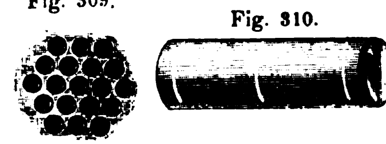
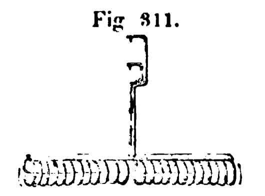


Fig. 311.



§. 1627. Da sich parallele Ströme, die in gleicher Richtung laufen, anziehen, bei entgegengesetzten Richtungen dagegen abstossen und daher gekreuzte Ströme sich parallel zu stellen suchen, so begreift man, weshalb eine Magnetnadel, die in die Nähe eines galvalnischen Kreises kommt, abgelenkt wird. Man bedient sich gewöhnlich der Ampére'schen Regel, um die Richtung des Ausschlages anzuzeigen. Man denke sich einen Menschen, der in der Richtung des positiven Stromes so schwimmt, dass sein Kopf voran und seine Gesichtsfläche immer gegen die Magnetnadel gewendet ist, so wird der Nordpol derselben nach links abweichen. Die Nadel muss also entgegengesetzte Bewegungen machen, je nachdem sie sich über oder unter dem durchflossenen Theile des Kreises befindet. Biegt man nun einen Abschnitt des Stromleiters so, dass die eine Hälfte unter und die andere über der der Magnetnadel entsprechenden Ebene oder entgegengesetzt seitlich dahingeht, so werden sich die entgegengesetzten Stromesrichtungen und die entgegengesetzten Wirkungen zu einer gleichsinnigen Wirkung summiren. Man hat daher hierin ein Mittel, den Einfluss eines Stromes auf die Magnetnadel zu vergrössern oder einen Multiplicator herzustellen. Nimmt man dicke und kurze Drähte, so eignet sich die Vorrichtung zu Studien über galvanische Kreise, die kleine Widerstände enthalten (§. 1618). Grosse Widerstände dagegen fodern lange und dünne Drähte. Dieser aus dem Ohm'schen Gesetze erklärliche Unterschied bedingt es z. B., dass man mit kürzeren und dicken Drähten für Thermomultiplicatoren (§. 1628) ausreicht.

§. 1628. Denkt man sich die Querschnitte der Magnetnadel und des in ihrer Nachbarschaft befindlichen Stromleiters unendlich klein und verbindet einen Punkt der horizontalen linearen Magnetnadel mit zwei Punkten des linearen Stromleiters, so erhält man die elektromagnetische Wirkungsebene. Die Anziehung oder Abstossung liefert dann einen Druck, der auf jener Wirkungsebene senkrecht steht und die Magnetnadel in dem Maasse

dreht, als er deren Widerstandsmomente überwindet. Da nun die ablenkende Kraft mit dem Sinus des Winkels, den die Ablenkungsebene der Magnetnadel und die Wirkungsebene einschliessen, wechselt; so folgt, dass die Ablenkung bei 0° ihr Minimum und bei 90° ihr Maximum darbieten wird.

Galvanometer.

§. 1629. Die Sinusboussole ist eine Verrichtung, in welcher der Sinus des Ablenkungswinkels der relativen Grösse der Stromstärke entspricht. Die Tangente liefert die gleiche Beziehung in der Tangentenboussole. Da sich beide nur zur Messung starker Ströme eignen, so werden sie nur ausnahmsweise für physiologische Untersuchungen gebraucht. Man bedient sich dagegen häufig des Galvanometers, das zwar den relativen Werth der Stromstärke nicht unmittelbar nach dem Ausschlage der Nadel bestimmen lässt, dafür aber die schwächsten elektrischen Ströme anzuzeigen im Stande ist.

Fig. 312 giebt die Vorrichtung, wie sie gewöhnlich hergestellt ist. Man sieht den mit Seide umsponnenen Multiplicatordraht, dessen beide Enden mit den zwei mit Klemmschrauben versehenen äusseren Cylindern zu-

Fig. 312.

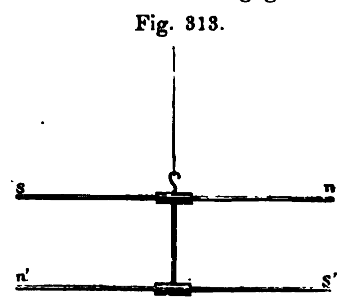


sammenhängen. Diese nehmen die beiden Enden der Elektroden des galvanischen Kreises auf, und der Widerstand desselben wird daher um den des Multi plicators vergrössert. Die an einem Coconfaden in ihrem Schwer-

punkte aufgehängte Magnetnadel kann mit der oberen Schraube höher oder tiefer gestellt werden, damit sie zur Ruhezeit auf der getheilten Kreisfläche liegen und während des Versuches frei schweben könne. Die Richtung ihres Ausschlages lässt auf die Stromesrichtung nach der §. 1627 angegebenen Regel zurückschliessen.

Wollte man eine einfache Magnetnadel nehmen, so würde die richtende Kraft des Erdmagnetismus schwache Richtungskräfte des Stromleiters siegreich überwinden Man wird daher das Galvanometer empfindlicher machen, wenn man diesen Uebelstand möglichst verkleinert. Man bedient sich zu diesem Zwecke einer astatischen Magnetnadel, wie sie zuerst von Nobili angegeben worden (Fig. 313). Denken wir uns, zwei congruente und parallele Nadeln seien unter einander zu einem unbeweglichen Systeme verbunden, so dass der Nordpol *n* dem Südpole *s'* der anderen und umgekehrt entspricht, so wird die richtende Kraft des Erdmagnetismus für *n* und *s'* gleich, aber entgegengesetzt sein. Die Wirkung hebt sich daher für das System auf. Ein absolut astatisches Nadelpaar müsste in dem magnetischen Meridian zur Ruhe kommen, wäre es aus demselben entfernt und seine Schwingungsweite allmälig unendlich klein geworden. Da man aber die Bedingungen der vollkommenen Astasie und vorzüglich die Lage der beiden Nadeln in derselben senkrechten Ebene nie vollständig herstellen kann, so erhält man immer eine gewisse Abweichung. Man versetzt daher den Nullpunkt der um eine verticale Achse drehbaren Kreistheilung des Galvanometers in der Art, dass er der Lage des Nordpoles der oberen Nadel entspricht. Die störenden Einflüsse des Eisens, welches das Kupfer des Multiplicatordrahtes immer enthält, sind in manchen Galvanometern durch besondere Einrichtungen aufgehoben. Man kann sie sonst durch die Aufstellung eines drehbaren kleinen Magneten, eines sogenannten Berichtigungsstabes, in einiger Entfernung von der astatischen Doppelnadel unschädlich machen.

Fig. 313.



Das §. 1627 Erläuterte wird es auch verständlich machen, weshalb sich die untere Nadel in dem horizontalen Spalte des Rahmens befindet. Die Doppelnadel schwingt um so langsamer, je vollkommener astatisch sie ist. Will man es verhüten, dass sie im ganzen Kreise durch verhältnissmässig stärkere Ströme herumgeworfen wird, so lässt man am einfachsten ein Platinstückchen, nach du Bois' Vorschrift, an einem Coconfaden so herabhängen, dass dieser die Nadel bei einer gewissen Excursionsweite in ihrem Fortgange hemmt. Man gebraucht auch fixe elastische Glimmerblättchen zu dem gleichen Zwecke.

§. 1630. Da das Galvanometer um so schwächere Ströme anzeigt, je länger, dünner und zahlreicher aufgewickelt der Multiplicatordraht ist, so dienen die vollkommeneren Apparate der Art zur Erkenntniss der feinsten thierisch-elektrischen Strömungswirkungen. Du Bois konnte daher die

später zu erwähnenden schwachen Nervenströme mit seinem Multiplicator von 24160 Windungen nachweisen. Denkt man sich zwei Ströme von gleicher Stärke, aber sehr kurzer und ungleicher Dauer, so lässt sich die letztere aus den Excursionsgrössen der Magnetnadel berechnen. Helmholtz benutzte dieses, um die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Nerventhätigkeit zu messen. Obgleich das Galvanometer die relative Stromstärke nicht unmittelbar anzeigt, so kann man es doch auch zur Rheometrie benutzen, indem man sich eine den verschiedenen Graden entsprechende Intensitätscurve entwirft. Legt man die Leitungsdrähte des Galvanometers an einen bestimmten Abschnitt des Leiters einer geschlossenen Kette mit stärkeren Strömen, so dass nur ein Theilstrom durch das Galvanometer geht (§. 1620), so kann man auch auf diese Weise stärkere Ströme vergleichend messen.

Induction.

§. 1631. Die Inductionsapparate liefern die zweckmässigsten elektrischen Erreger der Nerven und der Muskeln. Man braucht sie daher jetzt vorzugsweise zu physiologischen und medicinischen Zwecken.

Elektrodynamische Vertheilung.

§. 1632. Nehmen wir an, ab, Fig. 314, sei die Projection eines geschlossenen galvanischen Kreises und cd die eines geschlossenen Elektricitätsleiters, so wird das elektrische Gleichgewicht in cd gestört, wenn sich die elektrischen Verhältnisse in ab ändern. Schliesst oder öffnet man die Kette ab oder lässt man die Stromstärke von 0 bis zu einer gewissen Höhe anwachsen oder von dieser bis Null abnehmen, so hat man auch einen Strom in cd während dieser Aenderungszeit. Er fehlt dagegen, so lange der Kreis geschlossen, oder richtiger, so lange die Stromstärke constant bleibt. Eine Erhöhung oder eine Erniedrigung derselben, die Annäherung oder die Entfernung von cd und ab führen wieder zu einer momentanen Störung des elektrischen Gleichgewichtes in cd. Man nennt diese Erscheinung die Volta-Induction oder die elektrodynamische Vertheilung. Der anregende Strom heisst der inducirende oder vertheilende, der des geschlossenen Leiters der inducirte oder vertheilte. Der Inductionsstrom entsteht also nur durch Stromesschwankungen, nicht aber durch constante Elektricitätsströme des Inductors. Wir werden sehen, dass die Erfolge, welche schwache Elektricitätsströme auf die thierischen Nerven ausüben, von einem ähnlichen Gesetze abhängen.

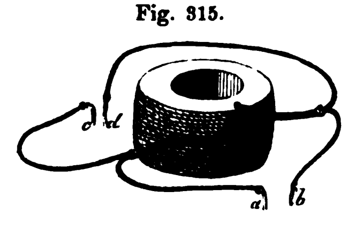
Fig. 314.



Oeffnungsschlag.

§. 1633. Hat man einen langen, mit Seide umsponnenen Kupferdraht, dessen Enden cd, Fig. 315, sind, und einen zweiten, der in a und b ausläuft, auf einer Spule aufgewickelt, a und b mit den beiden Polen eines galvanischen Elementes und c und d durch einen Leiter, der die Stromesrichtung anzeigt, z. B. ein Galvanometer, verbunden, so findet man, dass der cd durchsetzende secundäre Inductionsstrom in der gleichen Richtung wie der inducirende bei der Oeffnung oder der negativen Schwankung, in entgegengesetzter dagegen bei

Fig. 315.

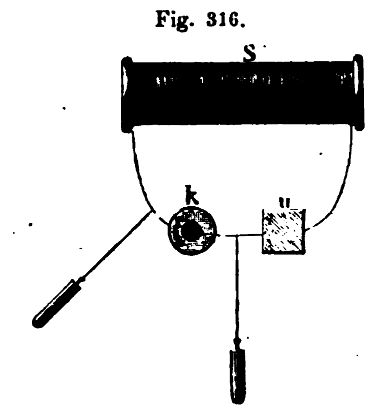


dem Schlusse oder der positiven Schwankung des primären inducirenden Stromes dahingeht. Man bemerkt dagegen keinen Strom in *cd*, so lange die geschlossene Kette constant bleibt. Diese Induction setzt keine unmittelbare Berührung voraus. Beide Spiralen können durch schlechte Leiter, wie Luft, Holz, Glas, wechselseitig getrennt sein. Fasst ein Mensch *c* und *d* mit den befeuchteten Händen an, so spürt er nichts während der Dauer des Schlusses und selbst oft im Momente des Schliessens. Er erhält dagegen einen starken Oeffnungs- oder Trennungsschlag im Augenblicke der Unterbrechung des primären Kreises.

Extrastrom.

§. 1634. Ein einziger sehr langer umsponnener Draht kann den gleichen Erfolg herbeiführen. Gesetzt, *s*, Fig. 316, sei eine solche Drahtspirale, *k* das galvanische Element, *u* eine Vorrichtung, durch welche man den Kreis schnell öffnen und schliessen kann, so wird ein Mensch, der die Handhaben mit seinen beiden befeuchteten Händen berührt, den Oeffnungsschlag eben so gut spüren, als wenn zwei Spiralen vorhanden wären. Man kann daher auch einspiralige Inductionsapparate gebrauchen. Der Grund liegt darin, dass immer ein Theil des Drahtes inducirend auf seine Nachbartheile wirkt und so einen Nebenstrom, einen Extrastrom, einen Strom zweiter Ordnung erzeugt, der den inducirten Schliessungsstrom schwächt, den Oeffnungsstrom verstärkt (§. 1633). Dieser Umstand, der natürlich bei den doppelten Spiralen ebenfalls wiederkehrt, und die schnellere negative Schwankung erzeugen die bedeutende Intensität des Schlages und der Funkenbildung bei dem Oeffnen der Kette.

Fig. 316.

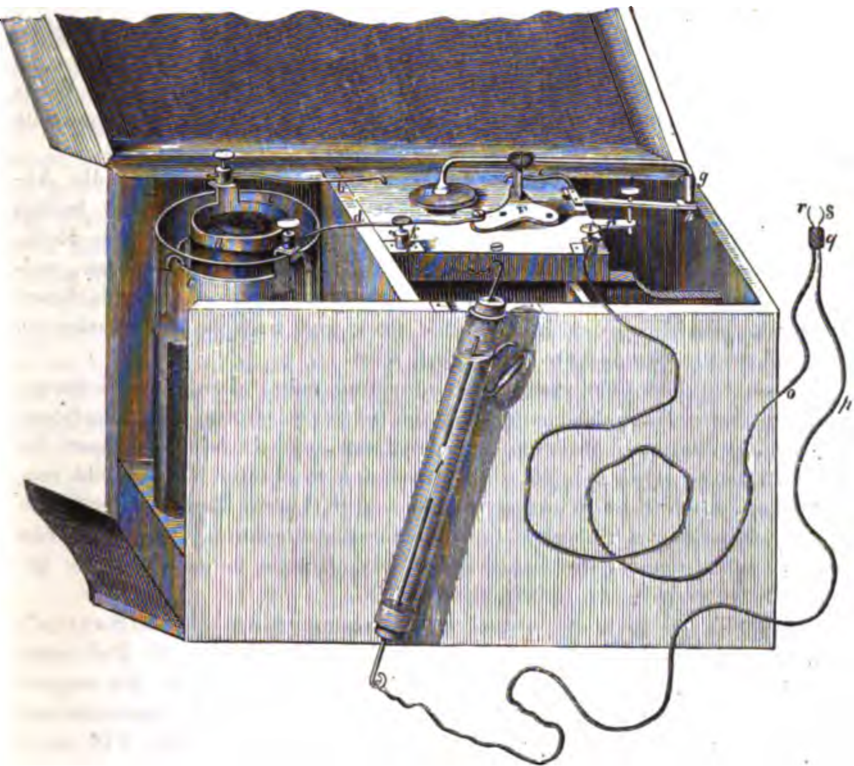


Magnet-elektromotor.

§. 1635. Die Magnetelektromotoren sind Inductionsapparate, in denen die Wirkungen des elektrischen Stromes den Wechsel des Schlusses und der Oeffnung besorgen. Fig. 317 zeigt einen solchen Apparat, der uns die Hauptmechanik klar machen kann. *ca* ist ein Bunsen'sches Zink-Kohlenelement, dessen Leitungsbahn von *b* im Innern um die Spule geht, in *i* herauskommt und durch *hgFd* zurückläuft. Die Inductionsspirale tritt an der Klemmschraube *k* und *l* aus. Die Höhle der Spuhle enthält ein Bündel von isolirten Eisendräthen, welche die Inductionswirkung verstärken und zugleich das Spiel des Hammerwerkes *mgh* möglich machen. *mgh* befindet sich nämlich auf einem federnden senkrechten Blatte, dessen Elasticität den Platinhammer *g* auf der Platinplatte *h* ruhen lässt. Die Unterfläche von *m* enthält eine Eisenplatte, die über dem oberen Ende der Drahtbündel liegt. Ist nun die Kette geschlossen, so werden die Drahtbündel magnetisch und ziehen das bei *m* befindliche Eisenstück hinab. Der Hammer *g* wird von *h* abgehoben und der primäre galvanische Kreis unterbrochen. So wie dieses geschehen, verlieren die Eisendrahtbündel ihren Magnetismus. Die Elasticität der senkrechten Unterlagsplatte des Hammerwerkes treibt *m* in die Höhe, während wiederum *g* bis zur Berührung von

h herunterkommt. Dieses Spiel von Schluss und Oeffnung wiederholt sich fortwährend, so dass immer je zwei entgegengesetzt gerichtete Inductionsströme einen Leiter durchsetzen, der die Elektroden der Inductionsspirale

Fig. 317.



op verbindet. Diese sind in der Abbildung in *q* durch eine Isolationsmasse, z. B. Siegellack, zusammengehalten, so dass man einen kleinen Abschnitt eines thierischen Theiles dem Durchgange der Ströme aussetzen kann, wenn man an ihn *rs* legt. Die bei *n* befindliche Schraube gestattet es, die Platte *h* höher oder tiefer zu stellen, den Weg, den *g* bei seiner Rückkehr nach dem Oeffnen des galvanischen Kreises zu durchlaufen hat, zu verkürzen oder zu verlängern und die Zahl der auf die Zeiteinheit kommenden Oeffnungen und Schliessungen zu- oder abnehmen zu lassen.

§. 1636. Man muss häufig den Inductionsstrom beliebig verstärken und bis auf ein Minimum schwächen können. Man kann dieses auf dreierlei Wegen erreichen.

Die meisten Magnetelektromotoren enthalten zu diesem Zwecke einen Moderator, wie man z. B. bei *t*, Fig. 317, sieht. Man schaltet eine mit Flüssigkeit gefüllte Röhre, d. h. einen Körper von grossem Leitungswiderstande in den Inductionskreis ein. Die in sie hineinragenden Elektroden können wechselseitig genähert oder entfernt werden, so dass die Stromstärke in geringerem oder höherem Grade abnimmt (§. 1610). Der Querschnitt und der specifische Leitungswiderstand der Flüssigkeit liefern

noch zwei andere Mittel der Regulation. Will man die Ströme stärker abschwächen, so nimmt man Weingeist statt Wasser, oder Oel statt Weingeist (§. 1612).

Ein zweites Verfahren besteht darin, dass man Schleifen des Inductionsdrahtes nach aussen führt und diese mit Klemmschrauben, in denen der zweite Leitungsdraht befestigt wird, verbindet. Man kann daher verschiedene Längenstücke des Inductionsdrahtes benutzen. Ist ein Moderator im Laufe der inducirenden Spirale angebracht, so wird man durch die Combination beider Hülfsmittel einen kleinen Apparat herstellen, der einerseits sehr starke und andererseits sehr schwache Inductionsströme liefert.

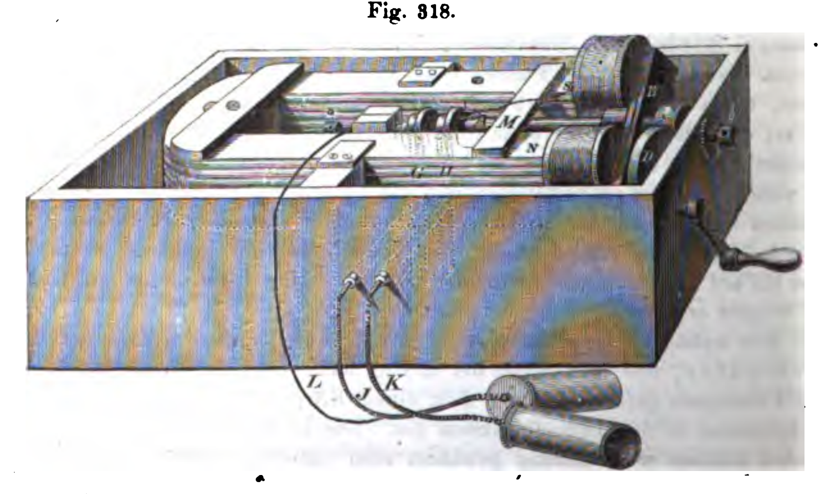
Der von du Bois angegebene Magnetelektromotor erreicht die Abschwächung des Stromes durch die gegenseitige Entfernung der beiden Spiraldrähte. Der primäre Strom geht hier durch eine inducirende Rolle, deren Hohlraum gefirnisste Eisendrähte enthält, und um ein Hufeisen, welches das Spiel des Hammerwerkes besorgt. Man kann die verschiebbare Inductionsspirale von der inducirenden nach und nach so weit entfernen, dass zuletzt die Stromstärke unmerklich wird.

Man hat bisweilen eine Gradeintheilung neben dem Verschiebungsschlitten dieses Magnetelektromotors oder an der Glasröhre oder dem Stempel der gewöhnlichen Moderatoren angebracht, um ein relatives Maass der Stromstärke zu erhalten. Da die sogenannten constanten Ketten nicht constant sind, sondern an Wirkungsfähigkeit nach kurzer Zeit abnehmen, so geht auch meist alle Sicherheit für diese Gradbestimmungen verloren, wenn man sie selbst nur für die Dauer einer Versuchsreihe benutzt und die anderen Nebenverhältnisse unverändert bleiben.

Rotationsapparat.

§. 1637. Die magnetelektrischen Rotationsmaschinen oder die Saxton'schen Apparate beruhen darauf, dass ein Eisenstück, das an die Pole eines Magneten angelegt oder von ihm losgerissen, mithin selbst in den magnetischen Zustand übergeführt oder desselben beraubt wird, elektrische Ströme in einem benachbarten Leiter durch Induction erregt. Fig. 318 zeigt

Fig. 318.



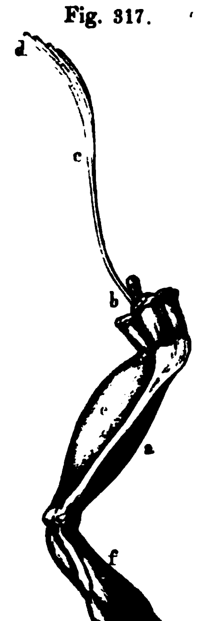
einen solchen Apparat. Eine Kurbelvorrichtung *AD* dreht ein Hufeisen *B*.

dessen seitliche Stücke die mit dem Inductionsdrahte überzogenen Spulen tragen, um einen starken Hufeisenmagneten, so dass die beiden Ankerstücke immer abwechselnd an den beiden Magnetpolen *N* und *S* vorbeigehen. Eine zwischen *A* und *GH* befindliche Gyrotropvorrichtung macht es möglich, dass man an *I* und *K* die beiden successiven entgegengesetzten Ströme erhält, wenn man die Verbindung mit *L* bestehen lässt. Hebt man diese auf, so bekommt man nur einseitige Stromesrichtungen. Man kann eine solche Vorrichtung am Magnetelektromotor ebenfalls anbringen. Da nun die Rotationsmaschinen, in denen ein regulirtes Uhrwerk die Drehung besorgt, für den ärztlichen Gebrauch zu kostspielig und zu unbequem sind, die gewöhnlichen dagegen die ermüdende Arbeit eines Gehülfen, der überdies noch meist mit ungleicher Geschwindigkeit dreht, nöthig machen, so wird diese Art von Apparaten den Magnetelektromotoren für alle praktischen Zwecke weichen müssen.

Unipolare Inductionswirkungen

§. 1638. Sind auch die beiden Enden der Inductionsspirale (*r* und *s*, Fig. 317) durch keinen leitenden Bogen geschlossen, so findet doch noch in ihr eine elektrodynamische Vertheilung im Augenblicke des Schlusses und der Oeffnung des primären Kreises Statt. Man kann daher auch Funkenbildung und physiologische Wirkungen durch unipolare Ableitung dieser gleichsam offenen Kette erhalten, wenn man z. B. das eine Ende der Inductionsspirale und eine Stelle des primären Kreises berührt. Verbindet man das zweite Ende der Inductionsspirale mit einem unendlich grossen Leiter, d. h. mit dem Erdboden, so vergrössert sich die Spannung an dem anderen Ende (§. 1602). Die unipolaren physiologischen Wirkungen können daher an Stärke gewinnen, wenn die mit dem anderen Ende verbundenen thierischen Theile isolirt werden. Man wird auf diese Weise unipolare Inductionszuckungen durch Ableitung erzeugen können.

Fig. 317.



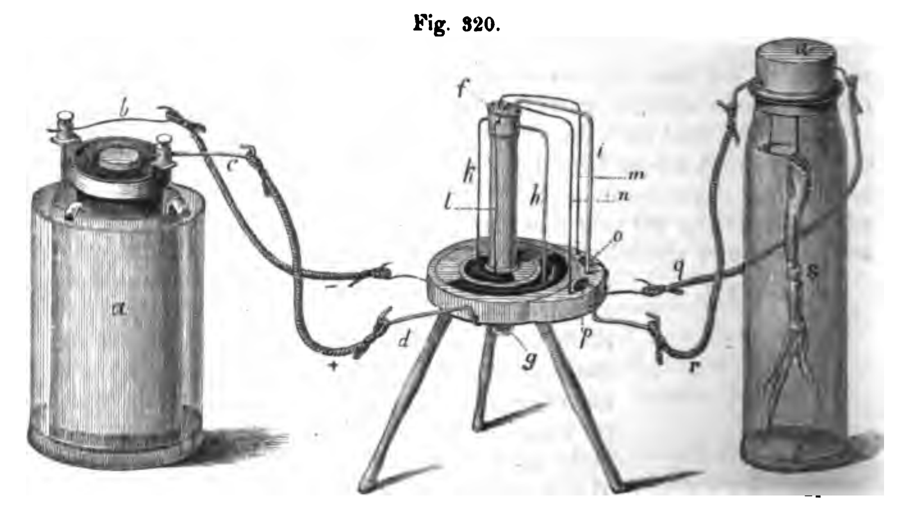
Froschpräparat.

§. 1639. Man gebraucht zu vielen elektrophysiologischen Versuchen galvanische Froschpräparate, weil die Empfänglichkeit der Muskeln und der Nerven der getödteten Amphibien länger anhält und der Nerv und die Muskeln sehr günstige Bedingungsglieder der Handhabung in der unteren Extremität der Frösche darbieten. Man enthäutet zu diesem Zwecke das Hinterbein eines frisch getödteten Frosches und schneidet alle Theile des Oberschenkels bis auf den Hüftnerven (*N. ischiadicus*) *bc*, Fig. 319, fort. Braucht man ein längeres Nervenstück, so nimmt man noch das Hüftgeflecht (*Plexus ischiadicus*) *cd* mit. Will man nur Muskelmassen haben, so schneidet man den Wadenmuskel (*Gastrocnemius*) *e*, Fig. 319, von den übrigen Theilen des Unterschenkels los. Die Dauer der Reizbarkeit verkleinert sich aber meistentheils in

diesem Falle. Sie fällt in der Regel an kühlen Herbst- oder Frühlingstagen grösser als im Sommer aus. Es versteht sich von selbst, dass kräftigere Frösche günstigere Bedingungen liefern. Der Hüftnerv und noch mehr das Hüftgeflecht enthalten zahlreiche Nervenfasern, die zu den hinweggeschnittenen Theilen des Präparates verlaufen. Ihr Querschnitt ist daher relativ grösser, als den Nerven der der Beobachtungssphäre anheimfallenden Muskeln entspricht.

§. 1640. Will man den Einfluss der elektrischen Ströme länger verfolgen, so muss man das Präparat in einer mit Wasserdampf gesättigten Atmosphäre aufbewahren. Fig. 320 zeigt uns z. B. eine zu diesem Zwecke

Fig. 320.



geeignete Vorrichtung. Das Präparat *s* hängt in einem Gefässe, auf dessen Boden etwas Wasser *t* aufgeschichtet worden. Der Schliessungszapfen *u* enthält an seiner Unterfläche einen Horn- oder Elfenbeinhaken, an dem das Präparat befestigt wird. Zwei Kupferdrähte, die ihn durchsetzen und unten rechtwinklig eingebogen sind, nehmen den Nerven auf. Man kann daher den Strom durch eine bestimmte Nervenlänge in allen Versuchen gehen lassen. Bringt man mehr als zwei Drähte in ähnlicher Weise an, so wird man den Strom durch ein centraleres oder ein peripherischeres, ein kürzeres oder ein längeres Stück des Nerven leiten können. Ein einfacher Stromwender *fg* befindet sich zwischen den Drähten *qr* des Präparates *s* und denen *cd* und *be* eines Bunsen'schen Zink-Kohlenelementes *a*. Entgegengesetzt gerichtete Ströme durchlaufen den Nerven, je nachdem man den Kreis in *o* und *p* durch *n* und *i* oder *m* und *i* schliesst. Hat man zwei Präparate aus den beiden Schenkeln eines Präparates verfertigt und das eine in den Apparat gebracht, während man das zweite an freier Luft liess, so wird man häufig finden, dass die Empfänglichkeit der ersteren mehr als 24 Stunden länger anhält.

Physiologisches Rheoskop.

§. 1641. Bedenkt man, dass reizbare Froschpräparate elektrische Ströme eines trockenen Zink-Kupferelementes von wenigen Quadratmillimetern trotz des grossen Leitungswiderstandes, den sie erzeugen, beant-

worten, so ergiebt sich, dass die Nerven sehr schwache Stromesschwankungen durch die Erregung von Muskelverkürzungen anzeigen. Man kann daher auch die Froschpräparate als Rheoskope benutzen. Sie leisten mehr als ein gewöhnlicher Multiplicator, wenn die positiven und negativen Stromschwankungen so rasch wechseln, dass die trägere Magnetnadel ihnen einzeln nicht mehr folgt.

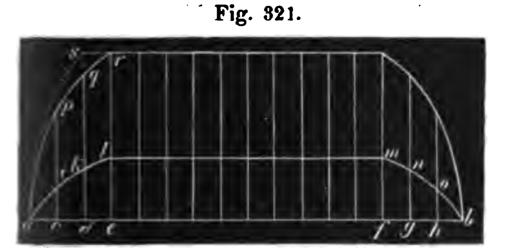
§. 1642. Hat man die nöthige Stromstärke gewählt, so giebt ein lebhaftes Froschpräparat, wenn man den Strom durch eine Strecke des Nerven leitet, doppelte Wirkungen. Man erhält eine Zuckung im Augenblicke des Schlusses der Kette und eine zweite im Momente der Oeffnung. Die Muskeln ruhen dagegen während der Dauer des Schlusses und nach der Unterbrechung des Kreises. Es ist hierbei gleichgültig, ob der positive Strom den Nerven central oder peripherisch durchfliesst. Drücken wir dieses in einer Zeichensprache bildlich aus und nennen p den peripherischen, c den centralen Strom, während wir die Grösse der Muskelbewegung mit A, B, C, D, E in abnehmender Folge angeben und diese in der Reihe: Schluss, Dauer des Schlusses, Oeffnung und Nachwirkung folgen lassen, so haben wir $p = c = A$ bis E . 0 . A bis E . 0 für die doppelte Wirkung, d. h. wenn die Schliessungs- und die Oeffnungszuckung oder die Trennungswirkung merklich waren.

Doppelte Wirkungen.

§. 1643. Wir wollen uns, was hier vorgegangen, durch eine graphische Darstellung klar machen. Wir verzeichnen die Zeiten auf der Abscisse ab, Fig. 321, die Stromstärken dagegen als Ordinaten cp, dq, er u. s. w. Wir haben die Stromstärke Null im Punkte a. Dauert die Zeit des Schliessens der Kette ae, so erhalten wir die positive Steigung der Stromstärke von Null auf er. Wir bekommen hierbei die Schliessungszuckung. Entspricht ef der Zeit, während welcher der galvanische Kreis geschlossen bleibt, und ist die Kette mit ihrem Bogen innerhalb dieser Zeit constant, so behalten auch die Ordinaten die gleiche Länge von e bis f. Der Nerv wird indessen von Elektricität durchströmt. Dieselbe Elektricitätsmenge geht aber durch jedes Querschnittselement in jedem Zeitelemente durch. Die Zuckungen kommen dann nicht zum Vorschein. Oeffnen wir die Kette innerhalb der Zeit fb, so gleitet die vorhandene Elektricitätsmenge von ihrer gegebenen Höhe auf Null herab. Wir erhalten zugleich die Oeffnungszuckung. Wir finden daher hier die gleichen Verhältnisse wie bei den Inductionsströmungen (§. 1632). Nicht der gleichartige Durchfluss einer geringen Elektricitätsmenge, sondern die Stromesschwankungen induciren eine Nervenwirkung, welche die Muskeln zu Zuckungen anregt.

Stromesschwankungen.

Fig. 321.



Aendern wir die Elektromotoren, so dass wir z. B. zuerst nur die Ordinaten el und später die Ordinaten er erhalten, so werden wir eine stärkere Schliessungszuckung unter sonst gleichen Verhältnissen in dem zweiten Falle bekommen, weil die gleiche Zeiteinheit ae einen grösseren po-

sitiven Zuwachs von *a* auf *er*, als von *a* auf *el* liefert. Machen wir aber jetzt *er* = *ds* und verkürzen die Zeit *ae* auf *ad*, so liefert die steilere Curve *as* eine noch stärkere Nervenwirkung. Dieses Verhältniss kann unter zweierlei Bedingungen zum Vorschein kommen, wenn die Zeit der Abgleichung wahrhaft verkürzt oder wenn sich eine grössere Elektricitätsmenge innerhalb derselben Zeit auf 0 abgleicht, d. h. wenn eine grössere Spannung, eine grössere Dichtigkeit der Elektricität vorhanden war. Man kann daher dieses Grundgesetz der elektrischen Wirkung auf die lebenden thierischen Nerven mit du Bois dahin ausdrücken, dass nicht der absolute Werth der Stromdichtigkeit, sondern die Schwankungen desselben von einem Zeittheile zum anderen die Nervenwirkungen induciren. Diese wird mit der auf die Zeiteinheit bezogenen Geschwindigkeit der Abgleichung bis zu einem von der Beschaffenheit der Gewebe abhängigen Maximum steigen. Die statische Elektricität, die sich mit hoher Spannung auf einer Oberfläche angesammelt hat und sich in kurzer Zeit abgleicht, erzeugt daher auch kraftvolle physiologische Wirkungen, denen meist die Funkenbildung parallel geht. Die Inductionsströme liefern deshalb im Allgemeinen günstigere Verhältnisse als die Ströme der galvanischen Kreise. Ob die Empfindungen, die man während der Dauer des Schlusses der Kette haben kann, nur von einem Wechsel der Berührungen und daher der Leitungswiderstände oder von Stromesschwankungen herrühren, wird die Zukunft entscheiden.

Starke Ströme.

§. 1644. Es ergiebt sich aus dem eben Gesagten und der Aehnlichkeit mit der Induction, dass jede Stromesschwankung, die man während der Dauer des Kettenschlusses erzeugt, Zuckungen zur Folge haben kann. Man erhält diese z. B. häufig genug, wenn man eine gut leitende Nebenschliessung anbringt und so eine gewisse Elektricitätsmenge durch Stromtheilung (§. 1620) rasch abgleiten lässt. Wird der Nerv sehr starken Strömen ausgesetzt, so sieht man häufig Bewegungen einzelner Muskelbündel während der Dauer des Schlusses und oft noch nach dem Oeffnen der Kette. Man erhält dann z. B. $p = c = A . E . C . E$. Da die starken galvanischen Kreise unbeständig sind und verhältnissmässig geschwinde Abgleichungen möglich machen, so lässt sich dieser Theil der Wirkung auf das oben Gesagte zurückführen. Eine zweite Ursache der Erscheinung liegt in der nachdrücklicheren Elektrolyse. Die elektropositiven oder elektronegativen Abscheidungsproducte des Nerven (§. 1622) wirken als mechanische oder chemische Erreger. Die Leistungsfähigkeit des Nerven nimmt daher auch gleichzeitig sehr rasch ab.

Gleichartige und ungleichartige Wirkung.

§. 1645. Denken wir uns, wir hätten ein Froschpräparat, das doppelte Wirkungen (§. 1642) bei mässiger Stromstärke liefert, und wir schwächen diese nach und nach, sei es durch Aenderung der Elektricitätsquelle oder die Einschaltung von Widerständen, so gelangen wir auf einen Punkt, in dem das Präparat nur einseitige Wirkungen, nur eine Schliessungs- oder nur eine Oeffnungszuckung erzeugt. Man findet dabei meistentheils, dass die Stromesrichtung den Erfolg entscheidet. Lässt man den positiven Strom peripherisch (von *q* nach *r*, Fig. 320, oder von *c* nach *b*, Fig. 319) gehen, so erhält man gewöhnlich eine Schliessungs- und keine Oeffnungszuckung. Der centrale Strom dagegen liefert das Umgekehrte. Man kann daher

diese Norm, die man auch mit dem Namen des Marianini'schen Gesetzes oder der gleichartigen Wirkung bezeichnet, durch $p = A$ bis $E . 0 . 0 . 0$, $c = 0 . 0 . A$ bis $E . 0$ ausdrücken. Es kommt ausnahmsweise vor, dass ein Präparat das Umgekehrte darbietet. Man sagt dann, dass es die elektrischen Ströme ungleichartig beantwortet.

Einfluss der Temperatur.

§. 1646. Der Temperaturwechsel kann den Stimmungszustand des Nerven so ändern, dass die gewöhnlichen und die entgegengesetzten Antworten der Reihe nach wechseln. Setzt man *rs*, Fig. 320, in einen Behälter, in den man eine Kältemischung oder warmes Wasser bringen kann, während ein durch *u* geführtes Thermometer die Temperatur der Luft in der Umgebung des Nerven anzeigt, so erhält man z. B.:

Temperatur in der Umgebung des Nerven in Celsiusgraden.	Wirkung des Stromes.	
	Peripherisch.	Central.
+ 18°,8	$p = B . 0 . B . 0$	$c = B . 0 . A . 0$
+ 3°,1	$p = B . 0 . C . 0$	$c = D . 0 . B . 0$
— 1°,3	$p = 0 . 0 . C . 0$	$c = C . 0 . 0 . 0$
— 5°,4	$p = 0 . 0 . E . 0$	$c = 0 . 0 . 0 . 0$
— 5°,6	$p = 0 . 0 . 0 . 0$	$c = 0 . 0 . 0 . 0$
+ 22 ,5	$p = 0 . 0 . C . 0$	$c = B . 0 . 0 . 0$

Der Wechsel der Temperatur wird den Leitungswiderstand in den metallischen Theilen des Kreises in entgegengesetztem Sinne als in dem mit Feuchtigkeit durchtränkten Nerven ändern (§. 1611). Eine einfache Betrachtung des angeführten Beispiels kann schon lehren, dass die Umkehr, welche die Abkühlung des Nerven bewirkte, von dem Wechsel des Leitungswiderstandes nicht wesentlich abhing. Der Nerv behielt die umgekehrte Stimmung trotz der späteren Temperaturerhöhung bei. Man überzeugt sich auch noch durch die Einschaltung von Nebenschliessungen oder die Aenderung der Elektricitätsquellen, dass die Erscheinung in den Mengen der durchströmenden Elektricität nicht begründet ist.

Man kann es durch allmälige Abkühlung nach und nach erreichen, dass die Zuckungswirkung, während sie quantitativ abnimmt, zuerst umgekehrt und endlich Null wird. Eine vorsichtige Temperaturerhöhung führt sie zurück und zwar zuerst in umgekehrter, häufig aber auch später in entgegengesetzter Form. Da nun ein Präparat, das anfangs in gewöhnlicher Weise ($p = A$ bis $E . 0 . 0 . 0$, $c = 0 . 0 . A$ bis $E . 0$) geantwortet hat, 24 Stunden später entgegengesetzt arbeitet ($p = 0 . 0 . A$ bis $E . 0$, $c = A$ bis $E . 0 . 0 . 0$) und diese Art von Erwiderung dem völligen Tode des Nerven nicht selten vorangeht, so folgt, dass wir das Vorherrschen der Zuckung bei dem Einbruche der positiven peripherischen Strömung und dem negativen Abgleiten des centralen Stromes als den Ausdruck der regeren Lebensthätigkeit der Froschnerven ansehen können. Die schnelle Empfänglichkeitsabnahme der Nerven der Säugethiere lässt hier alle ähnlichen Versuche unbestimmt ausfallen.

Voltas'che Alternative.

§. 1647. Ein elastischer Faden, z. B. von Seide, den ein Gewicht gedehnt hat, kehrt nicht unmittelbar nach dem Aufhören des Zuges zu seiner früheren Länge zurück. Man hat vielmehr noch eine elastische Nachwirkung, d. h. seine Ausdehnung verkleinert sich allmälig mit abnehmender Geschwindigkeit, so dass sich der Faden noch nach längerer Zeit langsam verkürzt. Wir finden etwas Aehnliches im Nerven und, wie wir später sehen werden, in den Muskeln. Geht ein Strom durch den Nerven, so richtet er die Molecüle desselben in seinem Sinne. Da aber die Grösse dieser Wirkung mit der Dauer des Durchganges der Elektricität wächst, so bleibt auch die einseitige Richtung nach dem Oeffnen der Kette länger zurück. Der Nerv ist daher später für elektrische Stromesschwankungen derselben Richtung unempfänglicher und für die entgegengesetzter Richtung empfänglicher geworden. Gesetzt, er habe ursprünglich die gewöhnliche Antwort $p = C.0.0.0$, $c = 0.0.C.0$ dargeboten und wir hätten dann einen peripherischen Strom längere Zeit durchfliessen lassen, so werden wir nach dem Aufhören desselben $p = 0.0.0.0$, $c = 0.0.A.0$ oder $c = A.0.A.0$ bekommen. Hat man keinen dauernden Strom durchgeleitet, sondern nur die unveränderte Kette eine grosse Reihe von Malen geöffnet und geschlossen, so kann das Präparat die gleiche Erscheinung, die man auch mit dem Namen der Volta'schen Alternative bezeichnet, darbieten.

Zusammentreffen der Phasen.

§. 1648. Die Verrückung der Nervenmolecüle muss eine gewisse Grösse erreichen, damit auf diese Weise Muskelverkürzungen inducirt werden. Schwanken z. B. dabei die Nervenmolecüle im Sinne des peripherischen Stromes, ohne dass ihre Bewegungen hinreichen, die Thätigkeit der Muskelfasern möglich zu machen, so wird ein schwacher peripherischer Strom ergänzend eingreifen, die Interferenz eines centralen dagegen schwächer wirken. Dieses erklärt eine Reihe anderer Erscheinungen, die man bisweilen wahrnimmt.

Es kommt vor, dass die entblössten Muskeln von selbst fortzittern. Die Durchleitung eines elektrischen Stromes in einer Richtung kann diese Bewegungen aufheben, während die entgegengesetzte Strömung sie nicht beseitigt. Man findet Nerven, die während des Geschlossenseins des peripherischen und nach dem Oeffnen des centralen Stromes zittern. Hat man einen centralen Strom $1^1/_2$ Minute lang durch den Nerven geführt, so ereignet es sich, dass die Muskeln während der Dauer des Kettenschlusses nicht zittern, wenn man einen peripherischen Strom durchgehen lässt. Der centrale dagegen liefert Wechselbewegungen. Alle solche Fälle lassen sich darauf zurückführen, dass eine bestimmte Phase (§. 1499) der Veränderung der Nervenmolecüle mit der Phase der späteren Erregung interferirt und das Resultat davon abhängt, ob sich gleichsinnige Phasen zu einer nachdrücklicheren oder ungleichsinnige zu einer schwächeren Wirkung summiren können (§. 1514).

Maximalwirkung.

§. 1649. Lässt man die positive Abgleichung des einbrechenden Stromes nach und nach steigen, so gelangt man bald zu einer gewissen Grenze, nach deren Ueberschreitung die Stärke der Zusammenziehung nicht mehr zunimmt. Diese vergrössert sich und zwar ebenfalls bis zu einer gewissen Grösse mit der Länge des von dem Strome durchflossenen Nervenstückes.

Geht die Elektricität senkrecht zur Längenachse des Nerven durch, so hat man ungünstigere Bedingungen, als wenn sie sie unter einem spitzen Winkel schneidet. Budge nimmt nach seinen Erfahrungen an, dass einzelne Stellen des Hüftnerven des Frosches einen grösseren Widerstand der Leistungsfähigkeit darbieten und man daher Knotenpunkte, für welche die Wirkung schwacher Ströme Null wird, erhalten kann.

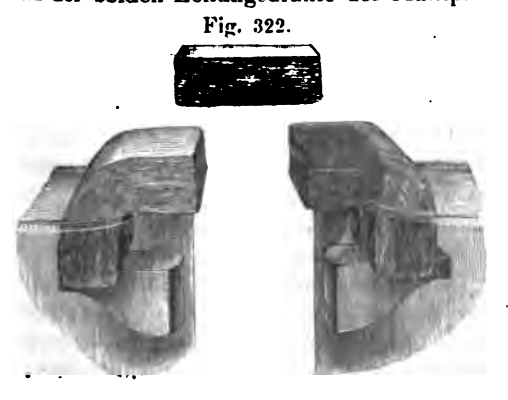
Wechselkrämpfe und Starrkrämpfe.

§. 1650. Denkt man sich eine Reihe von positiven oder negativen, gleichsinnigen oder abwechselnden Schwankungen der Stromesdichtigkeit, die in kurzen Zeiten hinter einander folgen, so werden sie gar keine Wirkungen hervorrufen, wenn der Nerv zu schwach erregt wird, als dass er eine Muskelzuckung induciren könnte. Kommt aber eine Verkürzung zum Vorschein, so muss der Effect, den wir unmittelbar wahrnehmen, von der Successionsgeschwindigkeit der Veränderung abhängen. Haben die Muskelfasern Zeit, sichtlich zu erschlaffen, ehe sie sich von Neuem zusammenziehen, so erhalten wir Wechselkrämpfe oder klonische Krämpfe. Greift dagegen eine neue Verkürzung ein, ehe die frühere Null geworden, so erhalten wir einen fortdauernden Zustand der Zusammenziehung, Starrkrampf oder Tetanus. Schaltet man einen Commutator, der eine schnelle Oeffnung und Schliessung gestattet, z. B. ein Blitzrad, in einen einfachen galvanischen Kreis, der ein Froschpräparat enthält, ein, so kann man auf diese Weise die Muskeln und, wie man auch sagt, den Nerven durch eine schnelle Reihenfolge von Schliessung und Oeffnung tetanisiren. Es versteht sich von selbst, dass die Magnetelektromotoren (§. 1635) und die Rotationsmaschinen (§. 1637) das Gleiche ohne einen hinzugefügten Stromwender möglich machen. Da aber die Dauer der Zusammenziehung mit der Abschwächung des Nerven oder des Muskels sinkt, so sehen wir häufig, dass Wechselkrämpfe einzelner Muskelbündel den Starrkrämpfen nachfolgen.

Elektromotorische Eigenschaften der Thiergewebe.

§. 1651. Die Untersuchung der elektromotorischen Eigenschaften der Thiergewebe setzt voraus, dass keine fremdartigen Ströme das Urtheil stören. Prüft man die Erscheinungen mit dem Galvanometer (§. 1629), so müssen die Enden der Zuleitungsbahnen keine durch ihre Ungleichheiten erzeugten Ströme bedingen. Du Bois vermied dieses, indem er je eine Doppelplatte von Platin, die vorher vollkommen gereinigt worden, mit jedem der beiden Leitungsdrähte des Multiplicators verband und in einem mit concentrirter Kochsalzlösung gefüllten Gefässe unbeweglich aufstellte. Die beiden Behälter wurden hierauf mit einem mit Flüssigkeit gefüllten Heberrohre geschlossen. Man erhält dann nach einiger Zeit eine Gleichartigkeit der beiden Platinplatten. Die Seitenwand eines jeden Gefässes enthält ein in Fig. 322 sichtbares Holzstück angekittet.

Fig. 322.



Dieses und der Rand des Gefässes tragen eine Reihe über einander liegender Blätter von Fliesspapier, die mit gesättigter Kochsalzlösung durchtränkt werden, oder einen Zuleitungsbausch. Hat man das Heberrohr entfernt und die Platinplatten durch Fliesspapier vor der Bewegung der Flüssigkeit geschützt, so kann man den Kreis von Neuem durch einen dritten, in Fig. 322 sichtbaren Zuleitungsbausch oder einen thierischen Theil schliessen. Da die Kochsalzlösung in dem letzteren Falle verändernd eingreifen würde, so legt du Bois auf die Berührungsstelle der Zuleitungsbausche ein Stück mit Eiweisslösung durchtränkter Blase oder ein Eiweisshäutchen. Der Gebrauch des Schliessungsbausches kann über die Abwesenheit störender Stromeswirkungen Aufschluss geben.

Strom des ruhenden Muskels.

§. 1652. Schneidet man den Wadenmuskel des Frosches quer durch und legt ihn, wie es Fig. 323 zeigt, an die Zuleitungsbäusche, so dass der künstliche Querschnitt *a* das eine und die natürliche Längenfläche das andere Ende der Leitung berührt, so zeigt die Galvanometernadel einen Strom in der Richtung des Pfeiles an. Wählt man statt des künstlichen Querschnittes die Sehnenmasse, an der die unversehrten Muskelfasern endigen, oder den natürlichen Querschnitt, so fällt die Abweichung der Magnetnadel gleichsinnig aus. Spaltet man die Muskelmasse der Länge nach, so erhält man einen künstlichen Längenschnitt, der ähnlich wie die natürliche Längenfläche wirkt. Denkt man sich daher die quergestreifte Muskelmasse in *abcd*, Fig. 324, schematisch dargestellt, so hat man die positive Fläche des natürlichen oder künstlichen Längenschnittes in *ac* und *bd*, die negative des natürlichen Querschnittes in *cd* und des künstlichen in *ab*. Ist die Längsfläche mit dem künstlichen oder natürlichen Querschnitt durch einen indifferenten Bogen zu einem Kreise geschlossen, so werden die Pfeile die Stromesrichtungen angeben.

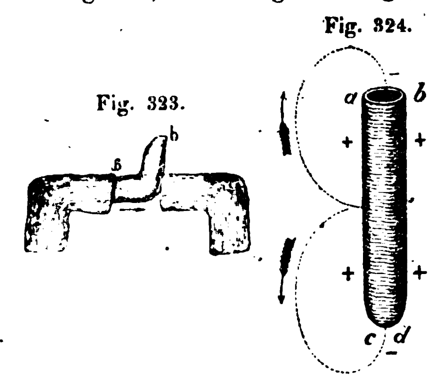


Fig. 323. Fig. 324.

§. 1653. Prüft man die verschiedenen Stellen des natürlichen oder des künstlichen Längenschnittes, wie es *ab*, Fig. 325, andeutet, so findet man, nach du Bois, dass alle Stellen, die dem mittleren Querschnitte oder dem Aequatorialschnitte des Muskels näher liegen, positiv im Verhältniss zu den von ihm entfernteren erscheinen. Untersucht man den künstlichen Querschnitt in ähnlicher Weise mittelst der Platinspitzen *B* und *B'*, Fig. 326, so zeigt sich, dass eine von der Mitte entferntere Stelle positiv gegen eine nähere ist. Stellt man sich die Muskelmasse unter der Form des Cylinders *abcd*, Fig. 327, vor, dessen mittlerer Querschnitt *gh* und dessen Achse durch *e* und *f* geht, so werden die Pfeile die

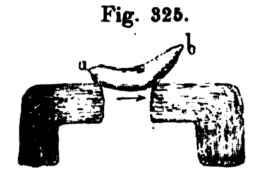


Fig. 325.

Stromesrichtungen angeben, die man durch einen indifferenten Schliessungsbogen erhalten kann.

Der natürliche Querschnitt liefert einen schwächeren elektrischen Gegensatz zum Längenschnitt als der künstliche Querschnitt. Die mechani-

Fig. 326.

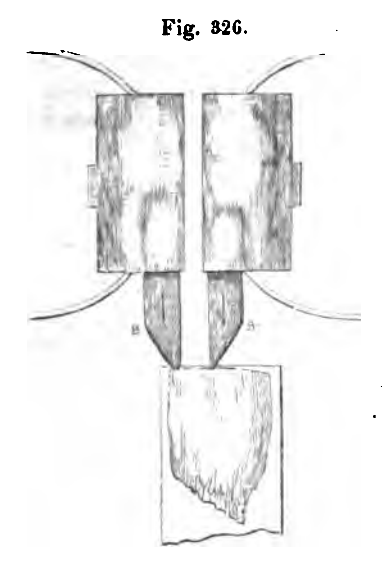
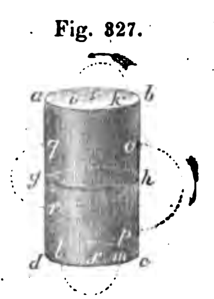


Fig. 327.



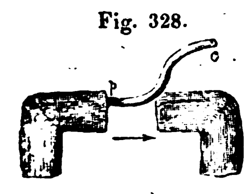
sche oder die chemische Zerstörung der Endschicht der Muskelfasern oder dieser parelektronomischen Lage derselben führt den stärkeren Gegensatz des künstlichen Querschnittes herbei. Die Muskeln von Fröschen, die im Winterschlafe erstarrt sind, zeigen, nach du Bois, die Eigenthümlichkeit, dass der Querschnitt positiv statt negativ erscheint. Ihre elektromotorische Wirkung vergrössert sich während der Verkürzung, während die der gewöhnlichen Muskeln abnimmt.



Nervenstrom.

§. 1654. Die Nerven besitzen ähnliche elektromotorische Eigenschaften wie die Muskeln. Legt man ein Stück der Hüftnerven eines frisch getödteten Frosches, wie es *p c*, Fig. 328, zeigt, auf die Zuleitungsbäusche,

Fig. 328.



so zeigt sich wiederum, dass die Längenfläche positiv und die künstliche Querschnittsfläche negativ ist. Die Punkte der Längenfläche, die dem mittleren Querschnitte des gebrauchten Längenschnittes näher liegen, sind positiv in Vergleich zu den entfernteren. Man erhält immer den erwähnten Gegensatz von natürlicher Längen- und künstlicher Querschnittsfläche, man mag Empfindungsnerven, wie die hinteren Wurzeln der Rückenmarksnerven des Frosches oder den Sehnerven der Schleihe, Bewegungsnerven, z. B. die vorderen Wurzeln des Frosches, gemischte Nerven, wie den Hüftnerven, endlich das Gehirn oder das Rückenmark dieser Thiere untersuchen.

Aehnlichkeit des Muskel- und des Nervenstromes.

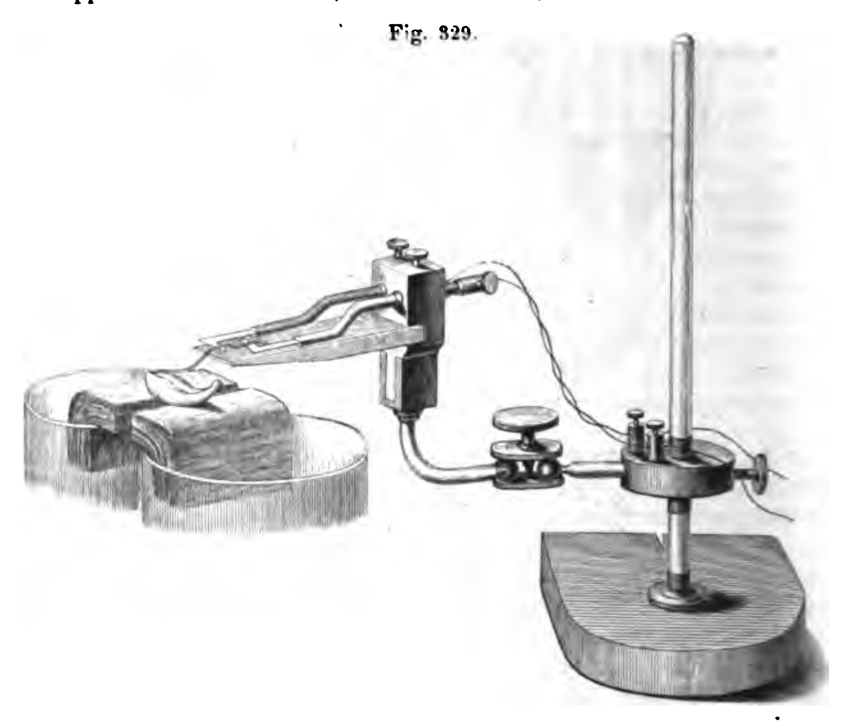
§. 1655. Die Aehnlichkeit des Muskel- und des Nervenstromes dehnt sich auch auf viele Bedingungsglieder ihres Wechsels aus. Beide wachsen mit der lebendigen Leistungsfähigkeit der Gewebeelemente und sinken nach dem Tode mit der Abnahme ihrer Erregbarkeit. Die Todten-

starre hebt den Muskelstrom auf. Er kehrt nach dem Verschwinden derselben nicht wieder. Der Muskel- und der Nervenstrom stimmen aber auch, nach du Bois, darin überein, dass sie eine negative Stromesschwankung im Augenblicke ihrer Thätigkeit darbieten.

Negative Stromesschwankung der Muskeln.

§. 1656. Ist der Wadenmuskel eines Frosches, wie es Fig. 329 zeigt, auf die beiden Zuleitungsbäusche gelegt worden, während sich der Hüftnerv auf zwei isolirten Platinblechen befindet, die man mit einem Inductionsapparate verbinden kann, so weicht die Nadel des Galvanometers dem

Fig. 329.



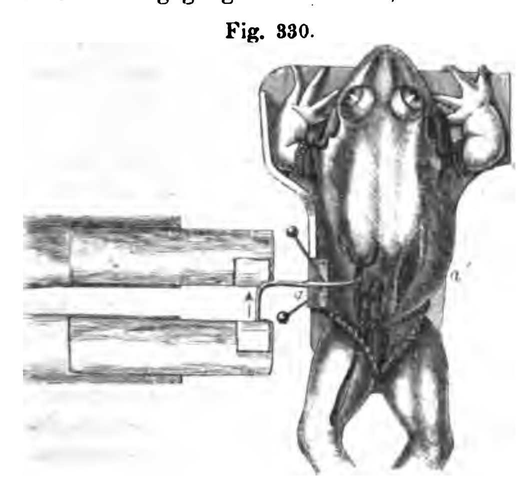
Muskelstrome entsprechend ab und bleibt z. B. bei einem Ausschlage von von $+a^0$ stehen, nachdem ihre Schwingungen unmerklich geworden. Lässt man nun die Schläge des Inductionsapparates rasch auf einander folgen, so dass der Muskel in Starrkrampf verfällt (§. 1560), so schlägt die Nadel über den Nullpunkt nach — b^0 aus, weil der Muskelstrom abnimmt und der Ladungsstrom (§. 1622) das Uebergewicht hat und den Enderfolg bestimmt. Verhütet man die Polarisationswirkung, indem man erst die Kette schliesst, wenn der Muskel zusammengezogen ist, so erscheint der Ausschlag der Nadel geringer als in dem erschlafften Muskel. Die negative Stromesschwankung lässt sich an dem Menschen nachweisen, wenn man die beiden Hände mit den Enden der Galvanometerleitung verbindet, die Ruhe der Nadel ausserhalb des Nullpunktes abwartet und dann die Muskeln des einen Armes zusammenzieht. Da hier eine negative Stromesschwankung entsteht, so erhält man eine Abweichung, die einen Strom

in der Richtung von der Hand nach dem Oberarme der zusammengezogenen Extremität oder in inverser Bahn anzeigt.

Negative Stromesschwankung des Nerven.

§. 1657. Die negative Stromesschwankung des Nerven lässt sich nur an den empfindlichsten Galvanometern darlegen. Du Bois bediente sich hierzu seines Multiplicators von 24160 Windungen. Will man sie durch die elektrische Erregung des Nerven nachweisen, so muss man die Einflüsse des bald zu erwähnenden elektrotonischen Zustandes durch rasch wechselnde entgegengesetzte Ströme, z. B. durch Inductionsströme, unschädlich machen. Man kann sie aber auch nach mechanischen, thermischen oder chemischen Erregungen wahrnehmen. Hat man ein centrales Stück des durchschnittenen Hüftnerven eines mit Strychnin vergifteten Frosches, wie es Fig. 330 anzeigt, in den Multiplicatorkreis gebracht, so giebt die Nadel eine negative Stromesschwankung an, wenn ein Starrkrampfanfall eintritt. Sie bewegt sich statt der Muskeln, die der Hüftnerv versorgte.

Fig. 330.



Elektrotonus.

§. 1658. Der Elektrotonus der Muskeln und der Nerven erinnert an die Inductionserscheinungen. Faraday nahm an, dass sich die Molecüle des Inductionskörpers in einem eigenthümlichen veränderten, elektrotonischen Zustande befinden, so lange der inducirende Strom anhält. Die §. 1553 erwähnte Drehung der Polarisationsebene liefert einen sinnlichen Ausdruck dieses Verhältnisses. Du Bois nannte daher auch Elektrotonus der Nerven eine Erscheinung, die eine besondere Aehnlichkeit mit den magnetischen Erfolgen des Inductionsstromes darbietet.

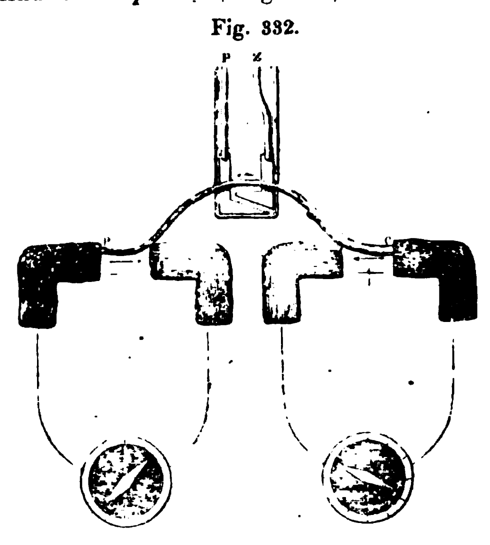
Fig. 331.

Gesetzt, *ad*, Fig. 331, sei ein durchfeuchteter Zwirnfaden oder ein Blumenstengel. Man leitet einen constanten elektrischen Strom durch *ab* und schaltet *cd* in den Multiplicatorkreis. Die Galvanometernadel wird dann ruhig bleiben. Wiederholt man den Versuch mit einem Nerven oder einem Muskel, so verräth *cd*, wenn es nicht allzusehr von *ab* absteht, die Anwesenheit eines Stromes, der mit dem durch *ab* fliessenden Strome gleich gerichtet ist. Der Nervenstrom erhält daher einen Zuwachs, wenn er mit dem elektrotonischen Zustande gleichgerichtet liegt, und eine Abnahme, wenn das Entgegengesetzte stattfindet. Man hat eine positive Phase in dem ersteren und eine negative in dem letzteren Falle.

Du Bois hat auch den Versuch so ausgeführt, dass man diese beiden Phasen gleichzeitig beobachten konnte. Der Nerv liegt mit seinen beiden

Endstücken *p* und *c*, Fig. 332, auf den Bäuschen, so dass jedes von ihnen die durch die Pfeile angedeutete Stromesrichtung des ruhenden Nerven ergiebt. Das Mittelstück dagegen befindet sich auf den in Fig. 329 S. 500 gezeichneten Platinblechen. Schliesst man nun eine constante Kette mit *P* und *Z*, so wird der Elektrotonus eine positive Phase in *p* und eine negative in *c* oder umgekehrt erzeugen. Die Nadeln der beiden Galvanometer weichen auch in der That in entgegengesetztem Sinne aus, wie es die Figur unmittelbar anzeigt.

Fig. 332.



§. 1659. Der Elektrotonus der Nerven sinkt mit der Entfernung der abgeleiteten Stelle von der erregten, jedoch mit abnehmender Geschwindigkeit, so dass man später geringere Unterschiede von einem Elemente zum anderen als früher hat. Er wächst mit der Empfänglichkeit des Nerven, der Länge des von dem primären Strome durchflossenen Stückes und der Kleinheit des Winkels, den die Elektroden mit der Längenachse des Nerven bilden. Die allmälige Erhöhung der Stromstärke führt ihn zu einem gewissen Maximum, das er nicht mehr überschreiten kann.

§. 1660. Die Muskeln unterscheiden sich, nach du Bois, von den Nerven dadurch, dass ihr elektrotonischer Zustand nur in dem unmittelbar erregten Stücke auftreten soll, dafür aber auch nach dem Oeffnen der Kette fortdauert, während der Elektrotonus der Nerven mit der Unterbrechung des erregenden Stromes schwindet. Die Molecüle der Muskeln erscheinen daher träger und zäher, ungefähr wie die eines Stahlmagneten, während die des Nerven beweglicher sind und ihren durch die elektrischen Ströme aufgedrungenen Zustand so rasch wie ein durch den Strom magnetisch gewordenes Eisen verlieren.

Peripolare u. bipolare Molecüle.

§. 1661. Die Wirkungsresultanten der elektromotorischen Kräfte der Muskeln und der Nerven lassen sich auf die Hypothesen von eigenthümlichen Verhältnissen elektrischer Molecüle zurückführen und bildlich darstellen. Du Bois denkt sich, dass der ruhende Muskel und der ruhende Nerv peripolare Molecüle enthalten, wie sie Fig. 333 zeigt, d. h. jedes Molecül besitzt zwei negative Polzonen und eine positive Aequatorialzone. Sind sie gleichartig angeordnet, so wird ein indifferenter Bogen *ab* die der Wirklichkeit entsprechende Stromesrichtung (§. 1652), die der Pfeil anzeigt, darbieten. Da die einzelnen Molecüle leitend verbunden sind, so hat *ab* nur die Bedeutung einer Nebenschliessung (§. 1620). Die theoretischen Untersuchungen von Helmholtz erschweren aber die

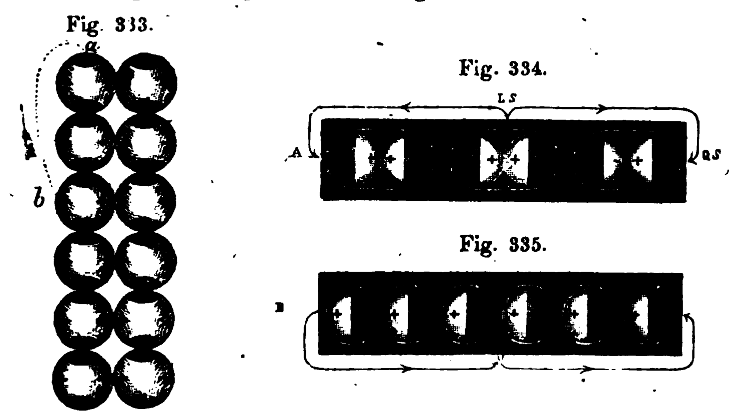
Erklärung der Ströme, welche sich bei der Verbindung ungleich entfernter Punkte der Mitte des Querschnittes oder des Längencylinders verrathen.

Stellt man sich vor, jedes peripolare Molecül bestehe aus zwei bipolaren, die, wie Fig. 334 zeigt, zusammenliegen, so wird man den ruhenden

Fig. 333.

Fig. 334.

Fig. 335.



Muskel- oder Nervenstrom erhalten, wenn man den Längenschnitt LS mit dem Querschnitte QS leitend verbindet. Je ein Paar bipolarer oder je ein peripolares Molecül giebt den durch die Pfeile angedeuteten Kreisstrom. Trennen sich dagegen die bipolaren Paare der peripolaren Molecüle und dreht sich je eines derselben, so dass die in Fig. 335 gezeichnete Reihe herauskommt, so hat man eine säulenartige Anordnung, wie sie dem Elektrotonus entspricht. Denkt man sich den negativen Pol der erregenden Säule in B, so bekommt man eine ähnliche Veränderung wie bei der Elektrolyse (§. 1623). Man kann daher auch die Wirkung der Elektricität auf die Nerven als eine elektrolytische Veränderung ihrer Bestandtheile ansehen.

§. 1662. Solche physikalische Hypothesen, die man nach den Gesammtresultanten der Einwirkungen rückwärts schliessend entwirft, brauchen natürlich nicht den Einzelverhältnissen zu entsprechen, ohne deshalb an Wahrheit zu verlieren, so lange man sich auf die Resultantengrössen in den Folgerungen beschränkt. Wie sich im Allgemeinen die Erscheinungen der Doppelbrechung gleich bleiben, wenn man nur die gegebenen Beziehungen der einfachen oder doppelten optischen Achsen ohne Rücksicht auf die körperliche Beschaffenheit der Massen im Auge behält, so lässt sich diese Betrachtungsweise auf so ungleichartige Gewebe wie die Muskeln und markigen Nerven ausdehnen. Die weiteren Fortschritte der Wissenschaft können dann nach und nach die untergeordneten Modificationen, die hierbei auftreten, nachweisen, wenn nur eine bestimmte Hypothese über die Gesammtresultanten einen sicheren Boden gewährt hat.

Dieselbe Bemerkung gilt von anderen Verhältnissen, auf die man in diesen Untersuchungen über thierische Elektricität stösst. Die Erscheinungen, welche der natürliche Querschnitt, z. B. des Wadenmuskels des Frosches, liefert, sind auch nur die Resultante von natürlichen Längen- und Querschnitten, weil sich die Muskelfasern nicht in der gleichen Ebene an die Sehnen heften. Die Spitze des Herzens verhält sich zur Aussenfläche

wie der natürliche Querschnitt zur Längenfläche, obgleich hier keine Enden der Muskelfasern vorhanden sind.

Rheoskopische Wirkung der Froschpräparate.

§. 1663. Gebraucht man das Froschpräparat als Rheoskop, so stösst man auf viele Erscheinungen, die sich aus dem früher Dargestellten erklären. Da der natürliche Längenschnitt der Muskeln in Vergleich mit dem künstlichen Querschnitt positiv erscheint, so kann man Zuckungen erhalten, wenn man den Nerven eines Froschpräparates als Schliessungsbogen benutzt. Die meisten Fälle, in denen fremde thierische Theile oder der eigene Nerv des Froschpräparates zu Zuckungen führen, erklären sich aus den Resultantenbeziehungen der elektromotorischen Kräfte der zum Schlusse gebrauchten Thiergewebe. Die von Matteucci construirten Schenkelsäulen, Fig. 336, liefern die negativen Flächen in *ab* und die positiven in *bc*.

Fig. 336.



Secundäre Zuckung.

§. 1664. Die rheoskopischen Eigenschaften des Froschpräparates machen es möglich, dass dieses die negative Stromesschwankung, welche die Muskelverkürzung begleitet, anzugeben vermag. Die inducirten Zuckungen von Matteucci oder die secundären von du Bois lassen sich unter diesem Gesichtspunkte auffassen. Hat man den Nerven *a* eines Froschpräparates auf die Schenkelmuskeln *b* eines anderen enthäuteten Frosches gelegt und zwingt *b* zur Zusammenziehung indem man das Hüftgeflecht *c* reizt, so ziehen sich auch die *a* entsprechenden Muskeln zusammen, weil die negative Stromesschwankung von *b* eine Stromesschwankung für *a* erzeugt. Man kann den Nerven eines zweiten Präparates auf die Muskeln von *a* u. s. f. legen und Zuckungen dieser entfernten Muskeln oder solche höherer Ordnung durch die successiven Stromesschwankungen hervorrufen.

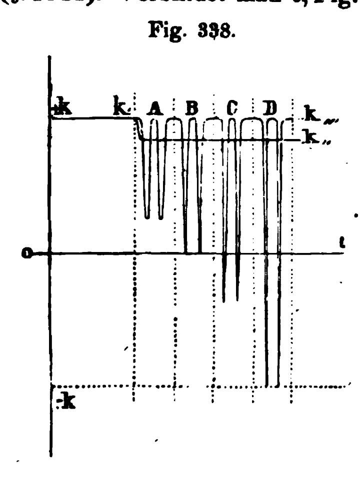
Fig. 337.



Wechsel der Muskelzusammenziehungen.

§. 1665. Die Froschpräparate verrathen hierbei den Wechsel der Stromesschwankungen, die einen scheinbar anhaltenden Starrkrampf begleiten, während die Nadel des Multiplicators ihrer Trägheit wegen ruhig bleibt (§. 1641). Verbindet man *c*, Fig. 337, mit einem Magnetelektromoter, so erscheinen häufig sichtliche Wechselkrämpfe einzelner Muskelbündel in den Muskeln von *a*, wenn diese in *b* gar nicht oder sparsamer auftreten. Denkt man sich die Dauer des Starrkrampfes durch die Zeitabscisse *ot*, Fig. 338, und die constante Stromesstärke des ruhenden Muskels durch $k k_1$ ausgedrückt, während der Starrkrampf von k_1 bis k_{111} anhält, so würde man die zwischen k_1 und k_{11} liegende Gerade für den Ausdruck der Stromesstärke erhalten, wenn eine Zusammenziehung von fortwährend gleicher Intensität vorhanden wäre. Besteht dagegen der Starrkrampf aus der Summe einer Reihe auf- und niedergehender Verkürzungen, so liefern die Linien zwischen *k*, *A*, *B*, *C*, *D*, k_{111} ein Bild der entsprechenden Stromesschwankungen.

Fig. 338.



Secundäre Zuckung vom Nerven aus.

§. 1666. Der Elektrotonus kann in physiologischen Versuchen, in denen man die Thätigkeit einzelner Nervenstämme durch elektrische Reizung bestimmen will, irre führen. Denkt man sich zwei Nerven leitend neben einander gelegt und eine Strecke des einen elektrisch erregt, so dass die Folgestrecke, die den zweiten Nerven berührt, elektrotonisirt wird, so muss dieser ebenfalls aus seinem elektrischen Gleichgewichte verrückt werden. Man kann daher die Zuckungsreaction eines zweiten Nerven erhalten, wenn man die des ersten verfolgen will.

Der Elektrotonus steigt und sinkt in beiden Nerven gleichzeitig. Der zweite Nerv kann daher eine Schliessungs- oder eine Oeffnungszuckung erzeugen, wenn der galvanische Kreis des ersten geschlossen oder geöffnet wird. Man erhält auf diese Weise eine secundäre Zuckung vom Nerven aus. Sie rührt, nach du Bois, von dem Elektrotonus und nicht von der negativen Stromesschwankung des ersten Nerven her, weil sie ausbleibt, wenn der Berührungspunkt des zweiten Nerven von der erregten Stelle des ersten so weit entfernt liegt, dass der Elektrotonus, nicht aber die negative Stromesschwankung unmerklich geworden.

Elektrische Spannung im Nerven.

§. 1667. Die Kraft, mit welcher die Nervenmolecüle in einer bipolaren Anordnung während des Elektrotonus erhalten werden, kann auch als eine gewisse Widerstandsgrösse für andere verändernde Eingriffe angesehen werden (§. 1594). Gesetzt, wir hätten eine tiefere Nervenstrecke mit einer constanten galvanischen Kette stabil verbunden und eine höhere gleichlange mit einer zweiten, so dass die Stromstärke eben so gross ist wie in jener, so erhält man keine Schliessungs- oder Oeffnungszuckung. Dieser eigenthümliche Erfolg kann sogar noch eine Zeit lang, nachdem die untere Kette geöffnet worden, anhalten, so dass der ungewöhnliche Spannungs-

zustand, den der elektrische Strom erzeugte, nur allmälig aufhört. Die Verhältnisse, welche die Concurrenz der beiden Ströme je nach Verschiedenheit ihrer Stärke, ihrer Richtung, der Nervenlänge und der positiven oder negativen Phasen des Elektrotonus und des Nervenstromes am Galvanometer bedingt, lassen sich nach den früher erläuterten Normen theoretisch construiren.

Zitterfische.

§. 1668. Die Zitterfische besitzen eigene elektrische Apparate, mit denen sie willkürlich schlagen können. Fig. 339 zeigt z.B. einen Zitterrochen (*Torpedo Galvanii*), in dem das linke elektrische Organ *a b c* von der Rückenseite aus blossgelegt worden. Starke Zweige des dreigetheilten und des herumschweifenden Nerven (*d* bis *g*) treten in das Innere. Sie theilen sich hier sehr oft gabelig oder büschelförmig und gehen zuletzt in marklose, sich später noch spaltende Fasern über. Das Gehirn besitzt eine paarige Anschwellung, die elektrischen Lappen (*Lobi electrici s. citrini*) *d*, Fig. 340, die das Centralwerkzeug der elektrischen Thätigkeit bilden und grosse, mit Nervenfasern verbundene Ganglienkugeln, Fig. 341, enthalten.

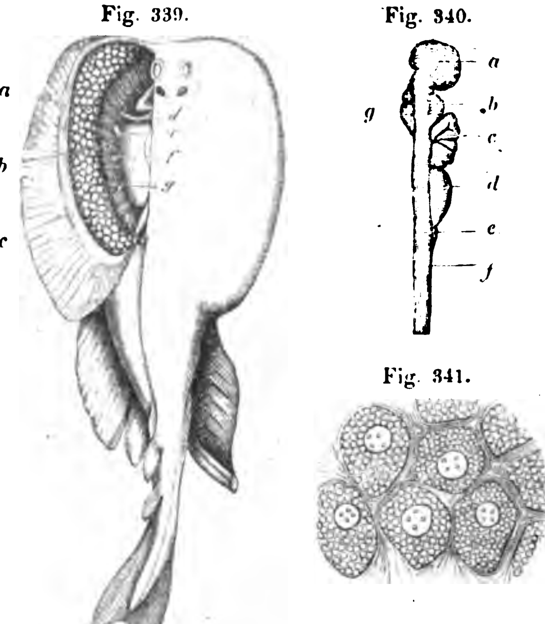


Fig. 339. Fig. 340. Fig. 341.

§. 1669. Ein jedes der polygonalen Felder, die man in Fig. 339 sieht, entspricht einer Säule von Blättchen, die durch eine flüssige Masse wechselseitig getrennt werden (Fig. 342). Man hat daher eine äussere Aehnlichkeit mit einer Volta'schen Säule. Die zahlreichen Theilungen der zu den Blättchen gehenden und in ihnen sich verbreitenden Nervenfasern bilden gleichsam Multiplicationsmittel der elektrischen Thätigkeit. Die Ströme, welche im Augenblicke der Entladung frei werden, können ein Froschpräparat zur Zusammenziehung zwingen, die Galvanometernadel ablenken, Funken geben, den Schliessungsbogen erwärmen und elektrolytische Wirkungen ausüben. Sie gehen im Zitterrochen von dem Rücken nach dem Bauche, mithin senkrecht zur Lage der Blättchen und der in ihren Flächen verlaufenden Nervenfasern. Diese Beziehung kehrt auch in dem Zitteraale (*Gymnotus electricus*) wieder. Die Säulen liegen hier horizontal, so dass die Blättchen aufrecht stehen oder in der Rich-

Fig. 342.

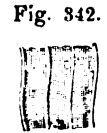
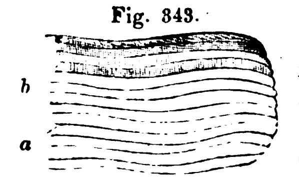


Fig. 343.

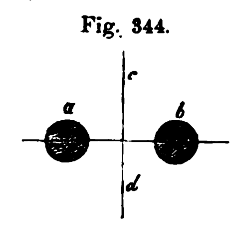


tung vom Rücken nach dem Bauche verlaufen (Fig. 343). Der Strom des Entladungsschlages verläuft hier von dem Kopfe nach dem Schwanze.

Diamagnetismus.

§. 1670. Wir haben schon §. 1553 bemerkt, dass ein starker Elektromagnet die Polarisationsebene dreht. Seine Pole ziehen überdies die zwischen ihnen aufgehängten Körper an oder stossen sie ab. Sind *a* und *b*, Fig. 344, die beiden Pole, so richten sich die magnetischen Substanzen axial oder in *ab*, und die diamagnetischen äquatorial oder in *cd*. Viele Körper, die unter den gewöhnlichen Verhältnissen unmagnetisch erscheinen, liefern unter diesen Verhältnissen magnetische Wirkungen.

Fig. 344.



Diamagnetismus der frischen Thiergewebe.

§. 1671. Das Wasser gehört zu den diamagnetischen Körpern. Man kann daher erwarten, dass die mit reichlichen Wassermengen durchtränkten frischen Thiergewebe diamagnetische Wirkungen darbieten. Zantedeschi und Plücker fanden in der That, dass sich das Blut, die Muskeln, die Nerven, die Knochen und die Eier äquatorial stellten. Hingen de la Rive und Brunner einen zusammengebundenen Frosch *a*, Fig. 345,

Fig. 345.

an den Faden *b* innerhalb der Glasglocke *c* auf und stellten ihn ursprünglich axial, so wendete er sich äquatorial nach *ai*, als die Kette in *fg* geschlossen wurde.

Man hat bis jetzt die hierher gehörenden Eigenschaften der völlig ausgetrockneten thierischen Theile nicht untersucht. Diese Beobachtungen würden ein mehrfaches Interesse darbieten. Der Einfluss der reichlichen Wassermengen bliebe ausgeschlossen. Da die Thiergewebe zu den doppelt brechenden Körpern gehören und der Einfluss der optischen Achse, nach Plücker, oder die Richtung, in der die Theilchen am nächsten zusammenliegen, nach Knoblauch, die Stellung zwischen den Polen des Elektromagneten bestimmt, so könnten Untersuchungen der Art manche unbekannte Verhältnisse des inneren Baues einzelner Körpertheile darlegen.

---

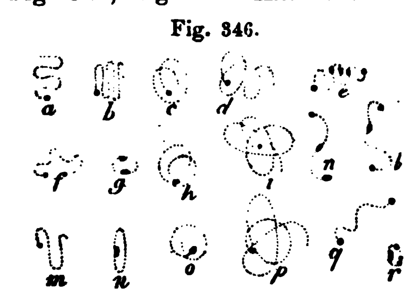
2. Die Beziehungsthätigkeiten.

Bewegung.

§. 1672. Molecularbewegung. — Betrachten wir Pigmentmolecüle (Taf. II. Fig. XXVIII.), die mit Wasser vermengt worden, unter starken Vergrösserungen, so sehen wir, dass sie nie ruhig liegen. Manche von ihnen schwingen hin und her, wie es die punktirten Linien in *a*, *b*, *g*, *m*, *n*, Fig. 346, angeben. Andere beschreiben Bogenlinien oder Curvenstücke, die sie so ziemlich zu ihrem früheren Orte zurückführen (*c*, *h*, *i*, *o*, *p*). Noch andere schreiten um eine merkliche Raumstrecke fort (*e*, *f*, *l*, *q*). Viele drehen sich dabei um ihre Achse, wie es die verschiedenen Gestalten der in Fig. 346 gezeichneten Molecüle andeuten, sei es, dass sie grössere Wege durchlaufen (*e*, *k*, *l*, *q*) oder nicht (*g*, *r*). Ein und dasselbe Pigmentmolecül kann die verschiedensten Bewegungen in den einzelnen auf einander folgenden Zeittheilchen darbieten. Enthält die Flüssigkeit eine grössere Menge dieser Festgebilde, so erinnert das Ganze an die in einem Sonnenstrahle sichtbare Bewegung der Staubmolecüle der Luft oder die beständige Unruhe der zahlreichen kleinsten Infusorien, z. B. der Bacterien oder der Vibrionen, die man in faulenden Mischungen häufig antrifft.

Molecularbewegung.

Fig. 346.



§. 1673. Die kleinsten Bruchstücke vieler anderen organischen oder unorganischen Massen zeigen diese von R. Brown ausführlicher untersuchte Molecularbewegung, wenn sie in einer passenden Flüssigkeit schweben. Sie findet sich daher häufig in thierischen Flüssigkeiten, denen passende Festgebilde, z. B. Pigment oder Fetttröpfchen, beigemengt worden. Man sieht sie dann in dem Inneren von Zellen oder von Flüssigkeitsbehältern überhaupt ohne weitere Vorbereitung, oder nachdem Wasser hinzugefügt worden.

Molecularbewegung in Zellen.

§. 1674. Die Krystalle des Gehörsandes oder der Gehörsteine des Menschen und der höheren Wirbelthiere (Taf. I. Fig. X.) können unmittelbar zeigen, welchen Einfluss die Grösse der Festgebilde auf die Beweg-

lichkeit ausübt. Die umfangreicheren liegen ruhig, während die kleineren fortwährend schwingen. Beobachtet man die Erscheinung unter dem Polarisationsmikroskope (§. 1538), so sieht man, dass jene ihre Polarisationsfarben (Taf. I. Fig. X.) unverändert beibehalten, während die der Kryställchen, die sich um ihre Achse drehen, fortwährend wechselt. Hat man eine Reihe verschiedener unlöslicher Körper mit Wasser gemischt, so findet man, dass die fein vertheilten fettigen und die harzigen Substanzen die lebhaftesten Bewegungen zeigen. Pigmentmolecüle und Asa foetida liefern daher passende Untersuchungsobjecte.

Geschwindigkeit der Molecularbewegung.

§. 1675. Die starken Vergrösserungen, die man zur Beobachtung der Molecularbewegung nöthig hat, erhöhen die scheinbare Geschwindigkeit in beträchtlichem Maasse (§. 545). Man bemerkt dessenungeachtet, dass die Molecüle ihre Stellungen ziemlich langsam ändern. Die wirkliche Schnelligkeit der Bewegung wird daher klein ausfallen. Ungefähre Zeit- und Raumbestimmungen lehrten in der That, dass die von keiner sichtlichen Flüssigkeitsströmung fortgerissenen Pigmentmolecüle $^1/_{250}$ Mm. als mittlere Secundengeschwindigkeit darboten. Sie wechselten daher ihre Orte 25- bis 200mal so langsam als die Blutkörperchen, die in den Haargefässen strömen (§. 551).

Ursachen derselben.

§. 1676. Die Molecularbewegung dauert unter Oel oder in einem zugeschmolzenen Glasröhrchen unter Wasser fort, wenn selbst die Temperatur während der Beobachtungszeit gleich bleibt und keine sichtlichen Flüssigkeitsströme vorhanden sind. Sie rührt daher nicht von der Verdunstung oder stärkeren mechanischen Eingriffen ausschliesslich her. Leitet man einen elektrischen Strom, z. B. von sechs grossen Zink-Kohlenelementen, durch, so bleibt die Bewegung so lange unverändert, als nicht die Elektrolyse störend eingreift. Man darf aber nicht übersehen, dass die unvermeidliche dünne Flüssigkeitsschicht einen beträchtlichen Leitungswiderstand nach sich zieht (§. 1612). Zwei Arten mechanischer Eingriffe bleiben in keinem Falle ausgeschlossen. Der Herzschlag und die Athembewegungen des Beobachters erzeugen eine Reihe von Stössen, deren Wirkungen die schwebenden Körperchen unter den starken Vergrösserungen anzeigen. Eine ungleiche Erwärmung der einzelnen Flüssigkeitsschichten wird ebenfalls zu Strömen führen, welche die Molecüle mit sich fortreissen. Da nicht bloss die Grösse derselben und der den Widerstand wesentlich bestimmende Zähigkeitsgrad der Flüssigkeit, sondern auch die gegenseitige Beziehung der Beschaffenheit der Festgebilde und des flüssigen Menstruum den Erfolg bestimmen, so wäre es möglich, dass auch elektrische oder chemische Ursachen in Einzelfällen mitwirken. Camphorstückchen, die man auf Wasser legt, bewegen sich, bis sie grösstentheils zerstört sind. Fein zerriebenes Kochsalz zeigt noch die Molecularbewegung in einer gesättigten Kochsalzlösung.

Flimmerbewegung.

§. 1677. Flimmerbewegung. — Faltet man ein Bruchstück der Mundschleimhaut des Frosches und betrachtet den Randtheil der früheren freien Oberfläche unter einer 100- bis 150fachen Linearvergrösserung, so sieht man eine Strömung der umgebenden Flüssigkeit, wie sie Fig. 347 zu versinnlichen sucht. Die Flimmerzellen *a*, Fig. 347, stehen pallisadenartig senkrecht oder schief neben einander. Ihre Härchen *c*

arbeiten so lebhaft, dass man sie nur für einen Augenblick einzeln erkennt, oder ihre Gesammtmenge unter dem Einheitseindrucke eines wallenden Saumes auffasst. Man sieht sie oft deutlicher ihrer Doppelbrechung wegen in dem dunkelen Gesichtsfelde des Polarisationsmikroskopes (§. 1538). Die in der benachbarten Flüssigkeit schwebenden Körperchen *b* strömen mit scheinbar grosser Geschwindigkeit in gleichartigen oder verschiedenen Richtungen.

Fig. 347.



Verbreitung d. Flimmerepithelien.

§. 1678. Diese Erscheinung kehrt an vielen anderen Oberflächen der thierischen Theile wieder. Halten wir uns an den Menschen und die Säugethiere, so finden wir sie an den freien Flächen der Hohlräume des Gehirns, des Rückenmarkes und der Geruchsnerven, so weit sie im Embryo oder im Erwachsenen vorhanden sind, der Thränenröhrchen, des Thränensackes, des Thränenganges, der Nasenschleimhaut mit Ausnahme des untersten Abschnittes derselben, der Nebenhöhlen der Nase oder der Keilbeinhöhle, der Stirnhöhle, der Oberkiefer- oder der Highmorshöhle jeder Seitenhälfte, des Kehlkopfes unter den unteren Stimmbändern, der Luftröhre und der die Lungen durchziehenden Luftröhrenverzweigungen, der Schleimhaut und der Schlauchdrüsen der Gebärmutter, der Eileiter oder der Falloppi'schen Röhren, der Aussenseite sehr junger Eier und wahrscheinlich auch an der Innenfläche der Malpighi'schen Körper der Nieren. Nicht bloss die Nasen-, sondern auch die Ohrpolypen flimmern, nach Baum und Meissner. Wimperblasen kommen hin und wieder an den Tuben, z. B. der Kaninchen vor. Manche andere Gebilde, wie die Luftsäcke der Vögel, das Trommelfell und der Herzbeutel, das Bauchfell, die Schleimhäute der Mundhöhle, der Speiseröhre, einzelne Abschnitte der Kloake der Reptilien besitzen überdies noch ein Flimmerepithelium. Während die Kiemen der Fische mit Ausnahme der des Amphioxus keine Flimmerhaare zeigen, führen die bleibenden Kiemen der Perennibranchiaten, z. B. des Proteus, und die vergänglichen der Batrachierlarven, z. B. der Kaulquappen, schwingende Wimpern. Manche Classen der wirbellosen Geschöpfe, wie die Insecten und die Spinnen, haben kein Flimmerepithelium in den ausgebildeten Thieren, während sich dieses in den zahlreichen Organen anderer, wie der Mollusken vorfindet. Die Infusorien besitzen oft Härchen, die fortwährend wirbeln, oder ihnen ähnliche Gebilde, die sie willkürlich bewegen können.

Flimmerbewegung im Pflanzenreiche.

§. 1679. Während die Flimmerbewegung im Thierreiche häufig vorkommt, liefern die Phanerogamen gar keine und die Kryptogamen wenige Beispiele von Flimmerflächen. Die Sporen der Süsswasseralgen und der Tange tragen wirbelnde Härchen. Sie sind oft so fein und bewegen sich so rasch, dass man sie während ihrer Thätigkeit nicht erkennt. Erst die Abschwächung durch Opiumtinctur, die Tödtung durch Weingeist und die dunkelere Färbung durch Jodtinctur bringt sie deutlich zur Anschauung. Fig. 348 (a. f. S.) zeigt die Sporen des die Gewässer roth färbenden *Haematococcus pluvialis* mit ihren beiden, durch Jod deutlicher gemachten Bewegungshaaren, und Fig. 349 die der Sporen der *Vaucheria clavata*.

Fig. 350 liefert endlich den eigenthümlichen Fall aus *Pelvetia canaliculata*, in dem nicht die Sporen, sondern die sie umgebende Hülle flimmert.

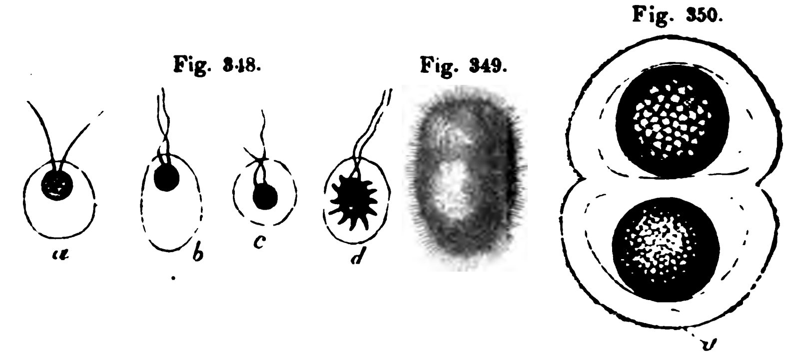
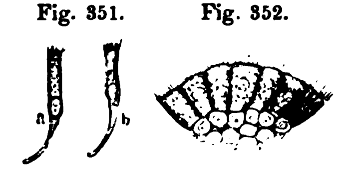


Fig. 348. Fig. 349. Fig. 350.

Unabhängigkeit der Flimmerbewegung.

§. 1680. Schabt man die Oberfläche einer Flimmermembran, z. B. der Mundschleimhaut des Frosches, ab, so erhält man einzelne Flimmercylinder, Fig. 351, und Gruppen derselben, Fig. 352. Die Härchen schwingen in beiden Fällen Stunden und selbst Tage lang fort, wenn keine äusseren Eingriffe, z. B. der Benetzungsflüssigkeit, störend wirken. Ihre Thätigkeit ist also nicht an die Fortdauer des Kreislaufes und des Nerveneinflusses gebunden. Die lange Dauer der Flimmerbewegung hängt hiermit innig zusammen. Ich sah sie in Einzelfällen 5 bis 6 Tage nach dem Tode des Thieres in der Nasen- und der Luftröhrenschleimhaut von Kaninchen, 8 bis 9 Tage in der Mundschleimhaut der Frösche und 13 Tage in der Luftröhrenschleimhaut eines winterschlafenden Murmelthieres, während sie Purkinje und ich 15 Tage nach dem Tode einer Schildkröte in der Speiseröhre bemerkten. Sind die Flimmerflächen durch Schleim oder Blut geschützt, so kann man nicht selten die Bewegung in menschlichen 2 bis 3 Tage alten Leichen wahrnehmen. Erhält sich die Thätigkeit der Haare unter den gegebenen äusseren Bedingungen möglichst lange, so hört sie erst mit der durch die Fäulniss bedingten Erweichung auf.

Fig. 351. Fig. 352.



Aenderung der Flimmerzellen.

§. 1681. Führt man einen umgebogenen platten Stab hoch in die Nasenhöhle und kratzt etwas Schleim ab, so sieht man in diesem Flimmerzellen, deren Haare lebhaft schwingen. Jeder kann auf diese Art seine eigene Flimmerbewegung beobachten. Der Schleim, den man am Anfange des Katarrhes entleert, enthält oft Flimmerzellen. Sie sind bisweilen, nach Bühlmann, missgestaltet, wie Fig. 353 zeigt. Die Diffusionswirkung des umgebenden Wassers ändert sie nicht selten in Fröschen, wie Fig. 354 andeutet.

Fig. 353. Fig. 354.



Bewegung der Härchen.

§. 1682. Man unterscheidet drei Hauptformen der Härchenbewegung. Jedes von ihnen beugt und streckt sich (*Motus uncinatus*, Fig. 355). Es beschreibt einen Kegel *abc*, Fig. 356, dessen Spitze dem Anheftungspunkte *c* entspricht (*Motus infundibuliformis*). Es schlängelt sich, wie wir es sogleich von den Spermatozoiden kennen lernen werden (*Motus serpentinus*). Da die abgestorbenen Haare die senkrechte Stellung *cd* darbieten, so muss jede selbständige Abweichung von dieser Lage als eine Wirkung des Verkürzungsvermögens betrachtet werden, während die Rückkehr durch die blosse elastische Reaction (§. 475) möglich gemacht ist.

Fig. 355.

Fig. 356.

Flimmerhäute.

§. 1683. Man findet hin und wieder in niederen Geschöpfen, dass Flimmerhäute statt der Flimmerhaare vorhanden sind. Man erkennt dann keine einzelnen Fäden, sondern einen durchsichtigen Saum, dessen aliquote Theile abwechselnd auf- und niedergehen.

Wirkung der Flimmerbewegung.

§. 1684. Enthält die Flüssigkeit, welche die Flimmermembran umgiebt, feste Gemengtheile, wie Blutkörperchen, Pigmentmolecüle, Partikelchen von Sepia oder von gallussaurem Eisenoxyd der Tinte, so belehren diese über die Strömungen, welche die Flimmerthätigkeit erzeugt. Man sieht, wie sie, z. B. dem Flimmerrande folgend, in *ag* oder *ga*, Fig. 357, dahingehen oder einzelne Wirbel, Fig. 358, beschreiben und scheinbar angezogen und abgestossen werden. Sind die Bewegungsmomente der Flimmerthätigkeit grösser als die Ruhemomente des flimmernden Theiles, so wird dieser fortgeführt. Ein kleines Stück der Mundschleimhaut des Frosches, das sich in einem Wassertropfen befindet, rückt daher nach und nach weiter. Biegen sich die Härchen *c*, Fig. 359, in der Richtung des unteren Pfeiles, so verschiebt sich die Membran in entgegengesetzter Bahn oder in der Richtung des oberen Pfeiles. Kleine kugelige oder cylinderähnliche Flimmerkörper drehen sich auf diese Weise fortwährend. Die anhaltenden Rotationen vieler im Anfange der Embryonalentwickelung befindlichen Eier und Embryonen rühren von den an ihrer Oberfläche befindlichen Flimmerhaaren her.

Fig. 357.



Fig. 358.

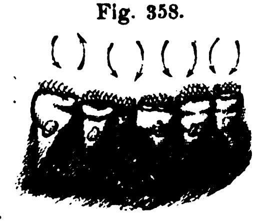


Fig. 359.



Flimmerströmung.

§. 1685. Jede Wimper, die einen Kegel beschreibt, liefert eine entsprechende Strudelbewegung der umgebenden Flüssigkeit. Beugt oder neigt sie sich zu gleicher Zeit, so erhält man auch eine Seitenbewegung. Alle diese Elementarströme summiren sich nach Maassgabe ihrer Interferenzwirkungen zu den Hauptströmen, die wir unmittelbar wahrnehmen.

Die benachbarten Flimmerhaare arbeiten in der Regel gleichsinnig und häufig successiv, d.h. wir haben die Excursionen $0, \alpha, 2\alpha, 3\alpha, 2\alpha, \alpha, 0$ im ersten Augenblicke, $\alpha, 2\alpha, 3\alpha, 2\alpha, \alpha, 0, \alpha$ im zweiten Augenblicke u. s. f. für benachbarte Wimpern. Man erhält auf diese Art positive und negative Wellentheile, die bestimmte Stromesrichtungen bei gleichsinniger Wiederholung erzeugen können. Sie führen aber auch häufig genug zu rückläufigen Bewegungen, so dass man keine einseitige Strömung bei der Flächenbetrachtung aus der Vogelperspective wahrnimmt.

Geht das ursprünglich gestreckte Flimmerhaar in die gebogene Form über oder wird die Widerstandsfläche concav, so erhält man einen grösseren Widerstand und folglich einen stärkeren Gegendruck, als wenn die umgekehrte Bewegungsweise eingreift. Leicht flimmernde Theile verschieben oder drehen sich deshalb in einer Richtung, welche der der Beugung oder Neigung der Haare entgegengesetzt ist (§. 1684).

Richtung und Wechselthätigkeit der Bewegung.

§. 1686. Bringt man einen sehr kleinen Tintetropfen auf die Flimmerfläche, so sieht man, dass er von den Nebenhöhlen nach der Nasenhöhle, von den Bronchialverzweigungen nach dem Kehlkopfe und von dem Eileiter nach der Gebärmutter verschoben wird. Die Muschelkiemen zeigen bisweilen, dass sich die Flimmerhaare, die eine Zeit lang nach einer Seite geneigt waren, nach der entgegengesetzten plötzlich umwenden und sich auch die Richtung der Flimmerströmung demgemäss umkehrt. Die Haare der Ascidienkiemen zeigen, nach J. Müller, einzelne, länger anhaltende Unterbrechungen ihrer Bewegungsthätigkeit.

Geschwindigkeit.

§. 1687. Die Nothwendigkeit, die Flimmerbewegung unter dem Mikroskope zu verfolgen, führt zu einer beträchtlichen scheinbaren Geschwindigkeit (§. 545). Blutkörperchen, Lymphkörperchen und Pigmentmolecüle gehen mit einer durchschnittlichen Secundenschnelligkeit von $^1/_6$ bis $^1/_8$ Mm. längs der Mundschleimhaut des Frosches dahin. Beobachtungen, die an den Kiemen der im Eie eingeschlossenen Tritonlarve (*T. Wurfbeinii*) mittelst des §. 550 erläuterten graphischen Verfahrens anstellte, lieferten 0,18 Mm. Jedes Haar macht 80 bis 200 und selbst, nach Krause und Perty, 300 Schwingungen in der Minute. Diese Werthe können sich mit der Vergrösserung des Widerstandes der Flüssigkeit bei dem Absterben der Flimmerbewegung beträchtlich verkleinern.

Aeussere Einflüsse.

§. 1688. Die Luftverdünnung und die Luftverdichtung lassen die Flimmerbewegung unverändert. Man kann eine Flimmerhaut in Wasser von 81°C. eine kurze Zeit untertauchen, ohne dass die Thätigkeit der Haare gehemmt wird. Kälte wirkt häufig nachtheilig. Kaltes Wasser hebt sie in vielen Fällen nach Kurzem auf. Ich sah sie jedoch noch in winterschlafenden Murmelthieren bei + 5°C. und in Fröschen, die bei — 12° erfroren waren, fortdauern.

§. 1689. Der Schlag einer Leidener Batterie stört nicht die Flimmerbewegung der Muschelkiemen. Legt man die beiden Poldrähte eines

Magnetelektromotors an zwei entfernte Stellen einer Flimmerhaut, so kann man viele hundert Schläge durchleiten, ohne dass die Schwingungen der Härchen aufhören. Lässt man dagegen nur einen Zwischenraum von einem Millimeter zwischen den Elektroden und füllt diesen mit Wasser und einigen Flimmercylindern aus, so stösst man eher auf nachtheilige Wirkungen. Gebraucht man eine Volta'sche Säule, so hört die Bewegung nach Maassgabe der Quantität und der Wirkungssphäre der elektrolytischen Thätigkeit auf.

§. 1690. Wasser, das keine Luft absorbirt hat oder reichliche Kohlensäuremengen enthält, verhält sich indifferent. Eine wässerige Flüssigkeit, die viel Schwefelwasserstoff verschluckt hat, stört leicht die Flimmerbewegung. Der kaustische Salmiakgeist der Apotheken vernichtet sie noch in 10000facher, das salpetersaure Silberoxyd in 1000facher, Schwefeläther in 100facher und Kochsalz in 10facher Wasserverdünnung. Reine weingeist- und schwefelsäurefreie Blausäure oder Lösungen von essigsaurem Morphin oder Strychnin stören die Bewegung nicht. Die leicht zersetzbare Galle wirkt schädlicher als der Speichel oder der frische Harn. Blut oder Serum bildet ein gutes Erhaltungsmittel. Sind die Härchen eben still gestanden, so kann man sie durch die Erschütterung des Mikroskopes oder einen Tropfen warmen Wassers zu neuen Schwingungen anregen. Setzt man, nach Virchow, eine wässerige Kali- oder Natronlösung hinzu, so bewegen sie sich wiederum, bis sie von der kaustischen Wirkung der Flüssigkeit vernichtet werden.

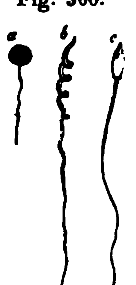
Nutzen der Flimmerbewegung.

§. 1691. Wir haben schon §. 1684 gesehen, dass die Thätigkeit der Flimmerhaare leichte freie Körper, an denen sie haften, fortwährend bewegen kann. Die anhaltenden Flüssigkeitsströme, welche sie erzeugt, erhöhen die Geschwindigkeit des Wechsels des Athmungsmedium der Thiere, deren Respirationsorgane flimmern. Man weiss dagegen nicht, welche Einflüsse die Flimmerthätigkeit in vielen anderen Körpertheilen ausübt.

Bewegung der Spermatozoiden

§. 1692. Bewegung der Spermatozoiden. — Diese Gebilde finden sich nur in den Thieren und den kryptogamischen Gewächsen. Es gehört zu den seltenen Ausnahmen, dass die reifen thierischen Spermatozoiden unter allen Verhältnissen ruhen (Flusskrebs, *Strongylus auricularis*, *Cucullanus elegans*). Die beweglichen bestehen meistentheils aus einem Körper und einem Schwanztheile, wie *a*, Fig. 360, aus den Knochenfischen, *b* aus einzelnen Vögeln oder Knorpelfischen und *c* aus den Säugethieren und dem Menschen (Taf. V. Fig. LXXVIII.) zeigt. Zeichnet sich der Vordertheil durch seine grössere Dicke aus, so liefert der haarförmige Schwanz die ursprünglichen Bewegungen. Er schwingt in den Spermatozoiden des Menschen pendelartig hin und her, krümmt sich bogig oder in Schlangenlinien, schnellt dabei in verschiedenen Richtungen und durchläuft grössere Raumstrecken oder hält sich mit seinen Ortsveränderungen in einem engeren Bezirke. Drehungen um die Längenachse kommen häufig hinzu. Die Fig. 360 *b* gezeichneten Gestalten schreiten oft vorwärts wie ein Pfropfenzieher, den wir in einen Kork einführen. Die durch-

Fig. 360.



schnittliche Secundengeschwindigkeit der menschlichen Spermatozoiden kann zu $^1/_{25}$ Mm. angeschlagen werden.

Aeussere Einflüsse.

§. 1693. Kaltes oder warmes Wasser hebt die Beweglichkeit der Spermatozoiden leicht auf. Man kann dagegen viele hundert Schläge des Magnetelektromotors durch die Samenmasse leiten, ohne dass die Regsamkeit jener Gebilde gestört wird. Säuren und Alkalien, Weingeist, Aether, manche Salzlösungen, z. B. des Salpeters, vernichten die Bewegung. Die Fäden werden aufgelöst, losgerissen, eingerollt oder ösenartig zusammengelegt. Viele Schleim- und Harnarten besitzen diese Wirkung nicht. Lösungen betäubender Gifte, die nicht zugleich auf chemischem Wege zerstören, scheinen sich indifferent zu verhalten.

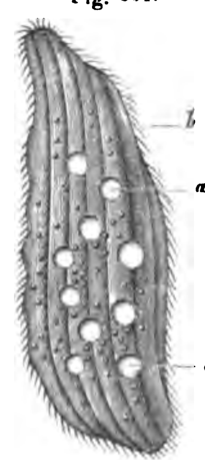
Dauer der Regsamkeit.

§. 1694. Die Spermatozoiden des reifen Samens bewegen sich nicht selten erst, wenn man das Ganze mit Wasser verdünnt hat. Der Flüssigkeitszusatz verkleinert die Widerstände und wirkt wahrscheinlich zu gleicher Zeit anregend. Die Bewegung hört aber nach längerer Thätigkeitsdauer des Wassers auf. Die Regsamkeit der Spermatozoiden kann wahrscheinlich eben so lange nach dem Tode als die Flimmerbewegung anhalten. Ich sah sie nach 84 Stunden im Menschen und nach 5 bis 6 Tagen in Fröschen. Sie bewahren ihre Beweglichkeit längere Zeit, wenn sie in den Hoden oder den weiblichen Geschlechtstheilen eingeschlossen bleiben.

Sarcode.

§. 1695. Einfache verkürzbare Masse. — Der Körper vieler Infusionsthiere, Polypen und Eingeweidewürmer enthält eine scheinbar gleichartige gallertige Substanz, die ein selbständiges Verkürzungsvermögen besitzt und die man daher mit dem Namen der Sarcode bezeichnet. Die der polygastrischen Infusorien und einzelner Polypen zeigt häufig mit Flüssigkeit gefüllte Hohlräume oder Vacuolen *a*, Fig. 361 (aus *Loxophyllum meleagris Duj.*). Sie wechseln, wenn die Contractilitätserscheinungen der Sarcode die Masse anders als früher vertheilen. Zerschneidet man den Körper der Hydra in eine Reihe von Bruchstücken, so kann jedes von ihnen seine Gestalt und seine Vacuolen auf das Mannigfachste ändern. Die Körpermasse der Infusorien berstet, wenn sie eine Zeit lang den Schlägen des Magnetelektromotors ausgesetzt worden. Junge Froschlarven bieten ähnliche Erscheinungen dar. Die Hauptursache liegt in den elektrolytischen Wirkungen.

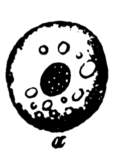
Fig. 361.

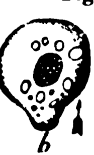


Contractile Planarienzellen.

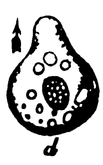
§. 1696. Contractile Zellen. — Siebold und Kölliker beschrieben eigenthümliche Contractionserscheinungen der Zellen der in Embryonalentwickelung begriffenen Planarieneier. Ist *a*, Fig. 362, die ruhende Zelle, so schreitet zuerst eine Verschmälerung von einem Ende zum anderen, *b*, *c*, *d*, fort und kehrt dann in entgegengesetzter Richtung zurück. Dieses Wechselspiel kann sich

Fig. 362.









Stunden lang wiederholen. Die Schwanzblase der Limaxembryonen zeigt ebenfalls Contractilitätserscheinungen, ohne dass man bis jetzt Muskelfasern als Wirkungsursache erkennen könnte. Das Herz der jungen Wirbelthierembryonen klopft auf das Lebhafteste, wenn es auch erst noch Körnchen und Zellen in seiner gallertigen Grundmasse enthält.

Chromatophoren.

§. 1697. Künftige Erfahrungen werden noch schärfer feststellen müssen, ob die Pigmentzellen einzelner Thiere ein selbständiges Verkürzungsvermögen besitzen oder nicht. Die Aenderungen der Hautfarbe, die man an Grasfröschen, Laubfröschen, dem Chamäleon und den Dintenfischen bemerkt, beruhen auf Interferenzerscheinungen (§. 1523) oder einem Vertheilungswechsel der Pigmentmolecüle und des tropfbar oder elastisch flüssigen Inhaltes, den die Formveränderung der Pigmentzellen oder der Chromatophoren einleitet. Man weiss durch die Untersuchungen von Harless, Kölliker und Bruecke, dass Muskelfasern der Lederhaut die Gestalt der Chromatophoren der Cephalopoden und des Chamäleon ändern. Die elektrische Erregung der Haut des *Octopus vulgaris* führt, nach Bruecke, zu einer dunkleren Färbung. Man hat dagegen das Entgegengesetzte im Chamäleon, dessen Haut nach der Durchschneidung der Nerven dunkeler, nach der elektrischen oder chemischen Reizung dagegen heller wird. Man kann hier einen Farbenwechsel nach den gleichen Normen, die wir als Gesetze der Reflexbewegungen in der Nervenphysiologie kennen lernen werden, in dem frisch getödteten Thiere künstlich erzeugen.

Quergestreifte und glatte Muskelfasern

§. 1698. Muskelbewegung. — Die quergestreiften und die glatten Muskelfasern (§. 1224) (Taf. IV. Fig. LIV. und LIX. bis LXI.) besitzen einen hohen Grad von Reizbarkeit oder Irritabilität, d. h. ihre Länge nimmt ab und ihr Querschnitt zu, wenn eine passende Erregung ihre eigene Masse oder ihre Bewegungsnerven trifft. Obgleich dieselben allgemeinen Gesetze für diese beiden Hauptklassen von Verkürzungsgebilden wiederkehren, so begegnen wir doch manchen von der Verschiedenheit der Gewebeelemente abhängigen untergeordneten Differenzen. Wir wollen daher die den Versuchen zugänglicheren quergestreiften Verkürzungsmassen zuerst betrachten und dann die Verhältnisse der einfachen Fasern vergleichungsweise anreihen.

Zickzackbiegungen.

§. 1699. Schneidet man einen Muskel eines frisch getödteten Thieres senkrecht auf seinen Faserverlauf durch, so entfernen sich die Schnittenden um eine gewisse Grösse. Wiederholt man den Versuch einige Centimeter höher oder tiefer, so erhält man eine neue Lücke. Untersucht man einen dünnen Schnitt der beiderseits getrennten Muskelmasse unter schwacher Vergrösserung, so sieht man, dass die Fasern nicht mehr gerade, sondern zickzackförmig verlaufen. Die Kniebiegungen sind regelmässig oder unregelmässig vertheilt (Fig. 363 und 364), scharfeckig oder abgerundet. Die Länge der beiderseitig durchschnittenen Muskelfasern hat meist in dem ersteren Falle

Fig. 363.

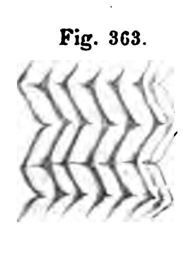
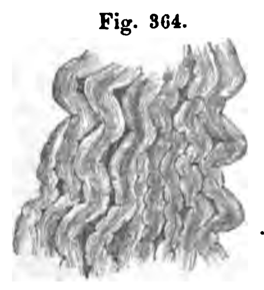


Fig. 364.



um $^1/_5$ bis $^1/_2$ abgenommen. Die Einknickungswinkel liegen dann zwischen 50° und 108°. Eine rechtwinkelige gleichschenkelige Einbiegung und eine entsprechende Längenabnahme von $^3/_{10}$ oder richtiger $1 - {}^1/_2 \sqrt{2}$ wird in den Bauchmuskeln des Frosches häufig bemerkt.

§. 1700. Man hielt diese Zickzackbiegungen früher für einen Ausdruck des lebendigen Verkürzungsvermögens. Ed. Weber zeigte zuerst, dass sie nur von den elastischen Wirkungen der Muskelfasern herrühren. Die natürliche Anheftung spannt sie in einem gewissen Grade aus. Werden sie einseitig oder beiderseitig durchschnitten, so springen sie wie eine geplatzte Violinsaite zurück. Die Zickzacke entsprechen daher hier den Wellenbiegungen, welche die Zellgewebbündel unter den gleichen Verhältnissen darbieten (Taf. III, Fig. XL.) (§. 1178).

§. 1701. Rührten die Zickzacke von einer anhaltenden lebendigen Zusammenziehung der Muskeln her, so liesse sich erwarten, dass sich ihre Einbiegungen bei der Verkürzung vergrössern oder die Einknickungswinkel verkleinern werden. Die Erfahrung lehrt das Gegentheil. Leitet man die Schläge des Magnetelektromotors durch die Muskelmasse, so dass diese in Starrkrampf (§. 1650) verfällt, so verschwinden oft die Zickzacke. Die sich gerade streckenden Muskelfasern werden breiter und kürzer. Ihre Querstreifen rücken näher zusammen. Hört die Verkürzung auf, so kehren die Zickzacke wieder. Der Versuch gelingt aber nur vollständig an sehr reizbaren Muskelmassen. Haben diese einen grossen Theil ihrer Leistungsfähigkeit verloren, so können zwei andere Wirkungsarten zum Vorschein kommen. Die Zickzacke einzelner Fasern schwinden nicht gänzlich. Ihre Einknickungswinkel vergrössern sich aber, d. h. ihre Schenkel nähern sich einer geraden Linie oder die Kraft der Zusammenziehung kann die der Elasticität nicht vollkommen bewältigen. Man sieht auch in Einzelfällen, dass die Einknickungswinkel kleiner werden, wenn die im Focus stehenden Fasern ihre Empfänglichkeit verloren haben, andere mit ihnen verbundene Elemente dagegen sie nachziehen, indem sie selbst an Länge abnehmen.

Wirksame Verkürzungsgrössen

§. 1702. Diese Thatsachen lehren von vornherein, dass die Zusammenziehungskraft *c* einen Theil ihrer Grösse der Ueberwindung des elastischen Widerstandes *e* opfern muss. Die nach aussen thätige Wirkungsgrösse *k* wird daher nur dem Werthe $c - e$ entsprechen.

Getrennte Muskelfasern.

§. 1703. Die Durchschnittsenden der frischen Muskelfasern stülpen sich häufig nach aussen um oder biegen sich zum Theil nach innen, wie es Fig. 365 zeigt. Diese Formen erhalten sich, wie die Zickzacke, länger als die Reizbarkeitsdauer. Man kann sie daher als einen sichtlichen Ausdruck der ungleichen Elasticitätsgrössen der verschiedenen Muskelfäden ansehen. Hat man die Muskelfaser mit Wasser befeuchtet, so zeigt sie häufig tiefere Einknickungen, Fig. 366, oder Bogenkrümmungen, Fig. 367. Es kommt aber auch in seltenen Fällen vor, dass Bewegungen längs derselben wurmartig fortschreiten. Man sieht dann in dieser letzten Spur der Contractilitätserscheinungen, wie die Zusammenziehung von Stelle zu Stelle allmälig weitergeht.

Aenderung der elastischen Wirkungen.

§. 1704. Die Grösse und die Vollkommenheit der Elasticität der Muskelfasern nehmen mit dem Verschwinden der Reizbarkeit ab. Sehr alte Muskelfasern liefern daher keine Zickzackbiegungen und keine Umstül-

pungen der Durchschnittsränder. Sie verlieren sich oft von selbst im Verlaufe der Fäulniss. Hat man die Muskelfasern mit Weingeist starrer gemacht, so können sich die Biegungen und die Furchen Jahre lang erhalten.

Fig. 366.

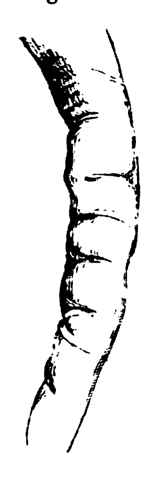


Fig. 365.



Fig. 367.



Formenwechsel.

§. 1705. Denken wir uns die Muskelfaser in der Form eines Cylinders *abcd*, Fig. 368, dessen Querschnitt q und dessen Höhe l ist, so können wir uns vorstellen, dass er in den kürzeren und breiteren Cylinder *efgh* von den Werthen q' und l' bei der Zusammenziehung übergeht. Soll das Volumen unverändert bleiben, so muss $\frac{q}{q'} = \frac{l'}{l}$ sein, d. h. der Querschnitt muss verhältnissmässig um eben so viel zu-, als die Länge abnehmen. Eine Volumensverminderung würde eine Verdichtung und ein Volumenswachsthum eine Verdünnung der Muskelsubstanz anzeigen.

Fig. 368.



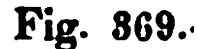


Fig. 369.



Volumenverhältnisse der Zusammenziehung.

§. 1706. Fig. 369 wird uns das Verfahren, das man zur Prüfung der Frage benutzt hat, klar machen. Die enthaupteten Frösche sind auf Drähte gesteckt, die in den Leitungsdraht f zusammenlaufen. h führt zu einem zweiten Drahte g, der nur

an der Spitze nicht isolirt ist. *c* schliesst luftdicht und das Ganze ist mit Wasser gefüllt. Man hat von *b* aus die nöthige Menge von Wasser nachgegossen, *b* zugeschmolzen und *c* so tief eingedrückt, dass die Flüssigkeitssäule in *a* bis zur bezeichneten Höhe emporstieg. Bringt man nun *f* und *h* mit den beiden Leitungsdrähten eines thätigen Magnetelektromotors in Verbindung, so verfallen die Froschmuskeln in Starrkrampf (§. 1650). Bleibt dabei das Volumen derselben unverändert, so wird auch der Flüssigkeitsspiegel in *a* seine frühere Stellung bewahren. Sinkt er, so haben wir eine Volumensabnahme. Sein Steigen würde eine Verdünnung der Muskelmasse verrathen. Die Grösse der Hebung oder Senkung des in *a* befindlichen Flüssigkeitsspiegels wächst im Allgemeinen mit der Kleinheit des Querschnittes von *a*.

Ein Nebenumstand führt hier leicht irre. Befindet sich ein Luftbläschen oder eine andere compressibele Flüssigkeit in irgend einem Theile des Apparates, so kann sie durch den von der Formveränderung des Muskels erzeugten Druck, der sich durch das Wasser allseitig fortpflanzt, in ein kleineres Volumen eingeengt werden. Der in *a* beobachtete Flüssigkeitsspiegel würde daher hinabgehen, wenn auch das Volumen der zusammengezogenen Muskeln unverändert geblieben. Die Elektrolyse des Wassers (§. 1623) muss daher eine Fehlerquelle bei zu langer Versuchsdauer einführen. Man hat sie aber auch schon, wenn man nicht mit blossen Muskelmassen, sondern mit den Rümpfen von Fröschen oder Aalen arbeitet. Der Druck der zusammengezogenen Muskeln kann hier Blut und andere Flüssigkeiten in die Markhöhlen der Knochen drängen und die in ihnen enthaltenen Gase und Dämpfe auf ein kleineres Volumen einschränken. Eine sehr geringe scheinbare Verdichtung lässt daher immer noch Zweifel offen. Nur die reinen Muskelmassen grösserer kaltblütiger Thiere, wie der Riesenshildkröte, der Krokodile, der Haifische, werden hier zu einem sicheren Entscheide führen.

§. 1707. Alle Versuche stimmen darin überein, dass ein beträchtlicher Raumwechsel nicht stattfindet. Prevost, Dumas und Matteucci bemerkten gar keine Volumensänderung in Fröschen und dem Zitterrochen. Die Schwankungen, die ich in Fröschen erhielt, betrugen kaum $^1/_{10000}$ des gesammten in Betracht kommenden Volumens. Ed. Weber fand eine geringe Raumabnahme bei dem Gebrauche eines Rotationsapparates (§. 1637), der auf den enthaupteten und ausgeweideten Aal wirkte.

Mechanische Erregung.

§. 1708. Die Muskeln vertragen eine ziemlich starke Dehnung, ohne dass ihre Erregbarkeit verloren geht. Vermehrt man aber nach und nach die Spannungsgewichte, so kommt man zu einer Grenze, bei der die Reizbarkeit des Muskels für immer schwindet. Er zuckt bisweilen ein oder mehrere Male im Augenblicke des Absterbens. Ein plötzlicher zu starker Zug vernichtet sein Verkürzungsvermögen ohne diese letzte Reaction seiner Lebenseigenschaften.

§. 1709. Streicht man die Oberfläche eines reizbaren Muskels, z. B. eines Froschpräparates, mit einem Glasstabe, so erhält man schwache Kräuselungen einzelner Fasern, nicht aber durchgreifende Bewegungen der Gesammtmasse. Die Verkürzungen, welche örtliche mechanische Erregungen erzeugen, beginnen häufig, nach Harless, an entfernteren Orten und

schreiten von da, dem Faserzuge folgend, nach der Angriffsstelle fort. Diese eigenthümliche Erscheinung rührt vermuthlich von der gleichzeitigen Nervenerregung her. Sind die Bewegungsnerven abgestorben, so giebt, nach Schiff, ein örtlicher Reiz, der die Muskelmasse trifft, eine beschränkte idiomusculare Zusammenziehung, die erst später allmälig schwindet.

Temperaturerregung.

§. 1710. Ein abgekühlter Muskel verkürzt sich langsamer und nur unter einer verhältnissmässig stärkeren Erregung, als ein erwärmter. Hat man ein Froschpräparat in einen mit Wasserdampf gesättigten Behälter (s. Fig. 320, S. 492) gebracht und leitet die elektrischen Ströme durch die Muskelmasse, so findet man, dass sich die Muskeln sehr träge zusammenziehen, wenn das Ganze mit einer Kältemischung umgeben worden und die Temperatur dem Gefrierpunkte des Wassers nahe steht oder sich unter ihm befindet. Versieht man aber das Gefäss mit warmem Wasser, so bemerkt man sehr kurze Zusammenziehungszeiten, so wie die Wärme auf 30° bis 35° C. in der Nähe des Muskels gestiegen ist.

Kochung der Muskeln.

§. 1711. Man kann Frösche bei — 12° C. erfrieren lassen, ohne dass die Muskelreizbarkeit verloren geht. Erwärmt man die Luft, die ein Froschpräparat umgiebt, auf 39° bis 44° C., so schwindet die Leistungsfähigkeit für immer. Schwächere Muskeln verlieren sie schon bei 39° C. und selbst noch früher. Sind sie durch höhere Wärmegrade abgetödtet worden, so zeigen sie einen eigenthümlichen Massenzustand, den man mit dem Namen der Kochung oder der Wärmestarre bezeichnet. Sie sind blass, steif und mürber als sonst, behalten aber ihre doppelt brechenden Eigenschaften bei. Feinere Versuche lehren, dass dieser in die Augen fallenden Kochung ein Zustand vorangehen kann, der keine so abweichenden Merkmale darbietet, obgleich die Empfänglichkeit unrettbar verloren ist. Die elektrischen Eigenschaften stark abgekühlter Muskeln sind schon §. 1653 dargestellt worden.

Nachtheil der Kälte.

§. 1712. Niedere Wärmegrade verkleinern die Quantität der Muskelkraft. Da diese mit der Zeitdauer, die seit dem Tode verflossen ist, sinkt, so folgt, dass die Kälte die Erhaltungsdauer der Erregbarkeit abkürzen muss. Höhere Wärmegrade schaden ebenfalls, indem sie die Selbstzersetzung begünstigen.

Elektrische Erregung.

§. 1713. Wir haben §. 1643 die Einflüsse, welche die Dichtigkeitsschwankungen der Elektricität ausüben, ausführlich erörtert. Gehen die Ströme durch die Muskelmasse, so hat man günstigere Bedingungen, als wenn man sie durch den Bewegungsnerven leitet. Die Einflüsse der Stromesrichtungen (§. 1645) verwischen sich dann in der Regel. Da sich die Nervenstämme in dem Innern des Muskels in den verschiedensten Bahnen verbreiten und zahlreiche Nebenströme durch die feuchten Leiter gehen, so kann auch die Lage der Elektroden die wirklich vorhandenen Stromesrichtungen nicht anzeigen.

Chemische Einflüsse.

§. 1714. Ein grösserer Wasserverlust raubt dem Muskel sein Verkürzungsvermögen. Stoffe, die seine chemische Beschaffenheit durchgreifend und dauernd ändern, vernichten auch die Erregbarkeit für immer. Die Stärke und die Geschwindigkeit ihrer Wirkung bestimmen die Zeit, innerhalb welcher die Empfänglichkeit verloren geht. Die Säuren und die Alkalien

heben die Leistungsfähigkeit der Muskeln fast augenblicklich auf, während Lösungen von Kochsalz oder Salpeter, Wasser, das eine beträchtliche Menge von Schwefelwasserstoff verschluckt hat, langsamer wirken. Ist die gebrauchte Verbindung flüchtig und kann der frühere Molecularzustand der Muskelfasern nach der Verdunstung wiederkehren, so stellt sich auch die Empfänglichkeit von Neuem ein. Bringt man ein Froschpräparat in Aether- oder Chloroformdampf, so beantwortet es nach einiger Zeit die seine Masse durchsetzenden elektrischen Ströme nicht mehr. Lässt man es aber eine Zeit lang an der Luft liegen, so können äussere Reize zu Zuckungen führen. Blausäure kann ähnliche Wechselverhältnisse, nach **Stannius**, darbieten. Befindet sich die Muskelmasse in Sauerstoffgas, so zieht sie sich unter sonst gleichen Verhältnissen lebhafter zusammen. Ihre Empfänglichkeit wird dafür stärker erschöpft. Die Reizbarkeit der Froschmuskeln erhält sich Stunden lang in Wasserstoff und selbst verhältnissmässig lange in Schwefelwasserstoff, das andere Geschöpfe, wie die Säugethiere oder Insecten, rasch tödtet. Ammoniakdämpfe schaden nach kürzerer Wirkungszeit.

Ermüdung und Erholung.

§. 1715. Jede Muskelverkürzung zieht eine entsprechende Massenveränderung nach sich. Die von dem kreisenden Blute fortwährend wiederhergestellte Ernährungsflüssigkeit macht es möglich, dass der frühere Zustand der Molecularbeschaffenheit des Muskels allmälig zurückkehrt. Ist die Geschwindigkeit der Abnutzung grösser, als die der Wiederherstellung, so ermüdet der Muskel, d. h. es bleibt eine Molecularbeschaffenheit zurück, die eine quantitativ geringere Verkürzungsgrösse unter sonst gleichen Verhältnissen liefert. Die Ruhe führt umgekehrt zu einem Ueberschusse der Restaurationswirkung und mithin zur Erholung, vorausgesetzt, dass sie nur eine beschränkte Zeitgrösse anhält (§. 1154).

Reizbarkeitsdauer.

§. 1716. Ist der Kreislauf aufgehoben, so fehlt die Wiederherstellung der Ernährungsflüssigkeit. Diese dient daher eine beschränkte Zeit zur Restauration der Muskelmasse. Der Muskel eines Froschpräparates, den wir durch anhaltende Bewegungserregungen erschöpft haben, kann sich immer noch in der Ruhe erholen. Er verliert aber nach und nach seine Empfänglichkeit, weil sein Wiederherstellungsfluidum nicht restaurirt und daher allmälig erschöpft wird. Die Zeit, während welcher sich die Muskelreizbarkeit ohne die Intervention des Kreislaufes erhält, steht in umgekehrtem Verhältniss zur Erschöpfungsgeschwindigkeit der Ernährungsflüssigkeit und der Grösse des Ersatzbedürfnisses der Muskelmasse. Sie wächst im Allgemeinen in den ausgewachsenen Geschöpfen entgegengesetzt, wie das Athmungsbedürfniss. Sie ist deshalb in den meisten Reptilien grösser als in den Säugethieren und den Vögeln. Jüngere warmblütige Geschöpfe bewahren dessenungeachtet (§. 772) ihre Empfänglichkeit länger als ältere. Muskeln, die vor der Einwirkung der Atmosphäre geschützt werden, verlieren ihr lebendiges Verkürzungsvermögen erst nach längerer Zeit. Man kann daher auch nicht selten das Herz eines Vogels ein oder zwei Tage nach dem Tode zu Bewegungen zwingen, wenn man erst um diese Zeit die Brusthöhle geöffnet hat.

Elektrische Eigenschaften des reizbaren Muskels.

§. 1717. Die einer bestimmten Erregungsgrösse entsprechende Zusammenziehung liefert das einfachste Kriterium für die Beurtheilung der Molecularbeschaffenheit desselben. Feinere Prüfungsmittel geben noch ge-

nauere Aufschlüsse. Wir haben schon §. 1655 gesehen, dass der Muskelstrom mit der Leistungsfähigkeit des Muskels wächst. Er sinkt nach dem Tode und zwar in kräftigeren Muskeln wahrscheinlich rascher als in schwächeren. Er verliert sich daher mit abnehmender Geschwindigkeit nach dem Aufhören des Kreislaufes. Du Bois vermisste ihn in Muskeln, die der Todtenstarre verfallen waren. Es kann vorkommen, dass sich die Richtung desselben kurz vor dem Verschwinden der Reizbarkeit umkehrt.

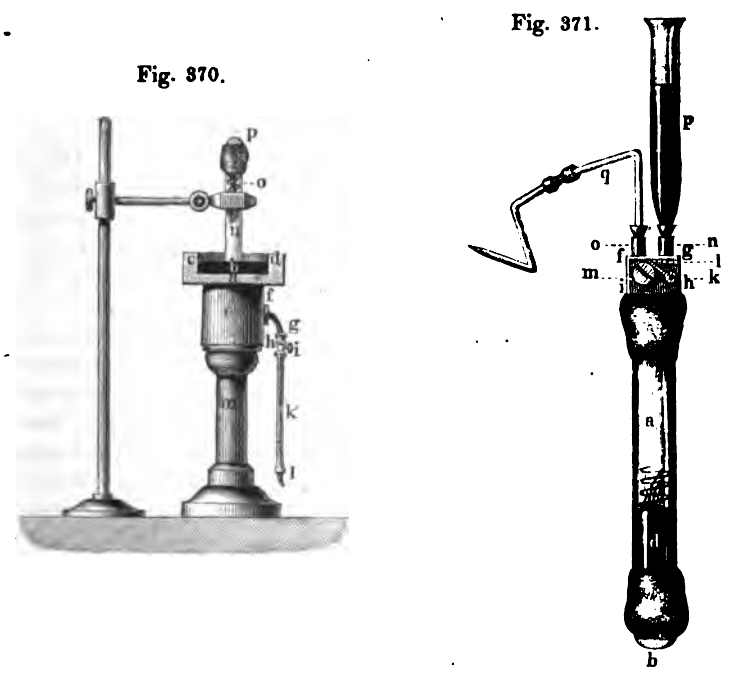
Wirkung der Muskeln auf die Atmosphäre.

§. 1718. Die Eudiometrie kann mittelbar beweisen, dass der leistungsfähige Muskel eine andere Masse als der abgestorbene bildet. G. Liebig hatte schon gefunden, dass der Muskel Sauerstoff aus der umgebenden Atmosphäre aufnimmt und Kohlensäure ausscheidet. Die Versuche, die ich mit den Fig. 370 und 371 abgebildeten Vorrichtungen anstellte, lehrten, dass der todte Muskel auf die umgebende Atmosphäre anders, als der lebende, empfängliche, einwirkt.

Eine hinreichend weite und graduirte Röhre, *n* Fig. 370, *a* Fig. 371,

Fig. 370.

Fig. 371.



trägt oben einen Eisenring, an den ein mit einem Hahn versehener Deckel luftdicht angeschraubt wird, und unten ein Eisenstück, das zwei Durchgangsöffnungen besitzt. Jede von diesen kann durch die Viertelsdrehung eines Hahnes *k* und *m*, Fig. 371, vollständig geschlossen oder geöffnet werden. Sie geht in das Lumen eines Ansatzcylinders *n* und *o*, Fig. 371, über.

Man stellt die Röhre *n* in der pneumatischen Wanne *aem*, Fig. 370 (§. 741), mit offenen Hähnen senkrecht auf, so dass in ihr das Quecksilber bis zur Höhe des Niveau der umgebenden Quecksilbermasse *b* emporsteigt, und hängt an den Haken des Deckelstückes ein Froschpräparat *o*, das in eine Spirale von Platindraht eingeschoben worden. Schliesst man

den Deckel *p* und verkittet zur Sicherheit das Ganze, so befindet sich das Präparat in einem geschlossenen Luftraume, dessen Volumen man bestimmen kann, wenn man das Volumen des Röhrenapparates mit geschlossenem Deckel und geschlossenen Hähnen, die Bedeutung der Gradeintheilung der Scale und das Volumen des Platindrahtes und des Präparates durch Quecksilber ermittelt hat. Man hebt die Röhre eine Strecke weit in die Höhe, liest die Stellung des in ihr befindlichen Quecksilbers mit dem Fernrohre ab, wiederholt das Gleiche nach einer Reihe von Stunden und berechnet den Volumensunterschied unter Berücksichtigung der Temperatur und des Barometerstandes (§. 743). Will man sich der Wasserdampfsättigung, die übrigens schon das Froschpräparat erzeugt, vollkommen versichern, so streicht man ein Wassertröpfchen in die Röhre eine Viertelstunde, ehe man den Deckel schliesst.

Hat man die zweite Ablesung vorgenommen, so schliesst man die Hähne *k* und *m*, Fig. 371, und kehrt den Apparat, wie es Fig. 371 zeigt, um. Man füllt die Cylinder *n* und *o* mit Quecksilber, setzt einen Trichter *p* in *n* und eine capillare Entbindungsröhre *q*, die sich bei dem Einführen mit Quecksilber füllt, in *o*, und verkittet luftdicht. Giesst man in *p* Quecksilber und öffnet dann die Hähne, so treibt das nach *a* hinablaufende Quecksilber eine entsprechende Gasmenge zu *q* heraus. Man fängt diese in einer Eudiometerröhre (§. 741), die mit Quecksilber gefüllt ist, auf. Die Analyse wird nach den §. 744 dargestellten Methoden vorgenommen. Ihre Zahlen lassen die absoluten Mengen der Producte des Gaswechsels berechnen.

§. 1719. Verglich ich auf diese Weise Tag für Tag die Luftveränderung, welche die Muskeln eines oder zweier Froschpräparate erzeugt hatten, so ergab sich, dass sie fortwährend Sauerstoff verzehrten und Kohlensäure ausschieden, ihre Reizempfänglichkeit mochte noch fortbestehen oder schon zu Grunde gegangen sein. Die Menge des verschwundenen Sauerstoffes übertraf immer die Sauerstoffquantität, die in der frei gewordenen Kohlensäure enthalten war. Bewahrten die Muskeln ihre Reizbarkeit, so hielten sich die unbedeutenden positiven oder negativen Stickstoffschwankungen innerhalb der Grenzen der Beobachtungsfehler. War dagegen die Empfänglichkeit geschwunden, so wurden grössere Stickstoffmengen in allen Fällen ausgeschieden. Ich habe Versuchsreihen der Art, die sich auf sechs bis acht Tage ausdehnen und in denen die letzten Spuren der Reizempfänglichkeit für die möglichst starken Schläge des Magnetelektromotors erst nach vier Tagen geschwunden waren. Die Stickstoffausscheidung begann erst in diesen Fällen merklich zu werden, wenn der grösste Theil der Muskelmassen seine Empfänglichkeit eingebüsst hatte. Sie stieg mit dem ferneren Absterben der Muskelfasern. Kohlenwasserstoff liess sich fast immer nur bei dem Gebrauche abgetödteter Muskeln und selbst dann nur in den wenigsten Fällen nachweisen. Die absoluten Mengen der Kohlensäure und des verzehrten Sauerstoffes stiegen meist mit Zunahme der Fäulniss und zwar jene mehr als dieser.

§. 1720. Tödtet man die Muskeln rasch ab, so erhält man im Allgemeinen ähnliche Wirkungen, wie wenn die Selbstzersetzung zu dem gleichen Ergebnisse geführt hat. Die einzelnen Methoden, nach denen man die Empfänglichkeit vernichtet und die zu verschiedenartigen Molecularverän-

derungen der Muskelmasse führen, liefern untergeordnete Modificationen der Veränderungen der umgebenden Atmosphäre. Es ergab sich z. B.

Zustand der Muskeln.	Für 100 Raumtheile der ursprünglich dargebotenen Atmosphäre		
	Ausgehauchte Kohlensäure.	Verzehrter Sauerstoff.	Stickstoffwechsel.
Frisch und sehr reizbar	1,09	5,00	— 0,13
Nach der Abtödtung durch Kälte .	1,15	1 51	+ 0,95
Nach der durch Wärme	0,29	1,17	+ 0,83
Nach der durch Klopfen	2,62	4,50	+ 1,73

Der reizbare Muskel verhält sich ziemlich indifferent gegen den Stickstoff, während der abgestorbene merkliche Stickstoffquantitäten ausscheidet. Der Ueberschuss des verzehrten Sauerstoffs über den in der Kohlensäure enthaltenen Sauerstoff fällt in den frischen Muskeln grösser aus, als in denen, welche ihre Lebenseigenschaften durch die Fäulniss, die Kälte oder die mechanischen Erschütterungen verloren haben. Die absoluten Mengen der gelieferten Kohlensäure steigen in diesen Fällen. Die Behauptung, dass nur der lebende Muskel athmet, widerlegt sich auf diese Weise. Er absorbirt relativ mehr Sauerstoff, als bei der Athmung verloren geht (§. 768). Nur seine Indifferenz gegen den Stickstoff erinnert an die Respirationserscheinungen (§. 761). Die blosse Haut des Frosches nimmt ebenfalls verhältnissmässig mehr Sauerstoff auf, als sie Kohlensäure ausscheidet.

Todtenstarre.

§. 1721. Die Todtenstarre (*Rigor mortis*) entspricht einer der ersten Zersetzungsstadien des abgestorbenen Muskels. Er verkürzt sich dabei, wird durch Zuggewichte weniger ausgedehnt, reisst aber unter einer kleineren auf die Querschnittseinheit bezogenen Belastung. Diese Veränderung kann in den verschiedenen Bündeln desselben Muskels ungleichzeitig eingreifen. Man findet daher bisweilen im Anfange, dass einzelne Muskelfasern elektrische Erregungen mit Zuckungen beantworten, wenn schon die Todtenstarre der übrigen die mit ihnen verbundenen Knochenhebel in einer der Verkürzung entsprechenden Stellung erhält. Wie der Blutkuchen zuerst die ganze Masse des Blutes umfasst, dann bei grösserer Verdichtung Serum auspresst und endlich wieder durch fortschreitende Fäulniss verflüssigt wird, so erweicht auch der Muskel, der eine Zeit lang todtenstarr war, und verliert immer mehr an Cohäsion, je weiter die Selbstzersetzung fortschreitet. Bruecke lässt daher auch die Todtenstarre aus der Gerinnung einer in den Muskelfasern enthaltenen Faserstoffmasse hervorgehen.

Einfluss des Blutes auf die Todtenstarre.

§. 1722. Die Versuche von Kay, Brown-Séquard und Stannius lehrten, dass die Zufuhr frischen Blutes einen schon der Todtenstarre verfallenen Muskel beleben, ihn weich und verkürzungsfähig machen kann. Die Wiederherstellung der Ernährungsflüssigkeit führt daher zur Rückkehr des früheren Molecularzustandes und mit ihm zur Restauration des lebendigen Leistungsvermögens. Die Unterbindung der Aorta unterhalb der

Abgangsstelle der Nierenschlagadern hemmt zum grössten Theile den Zufluss des Blutes zu den Hinterbeinen. Er ist aber nicht vollständig aufgehoben, weil die Epigastricae und die in dem Wirbelcanale verlaufenden Schlagadern eine Verbindung herstellen können. Hat man die Aorta eines Kaninchens oder eines Meerschweinchens unterbunden, und sind die Epigastricae durch den Druck der schwangeren Gebärmutter, der mit Urin gefüllten Blase oder durch nachträgliche Ligaturen unwegsam geworden, so dass keine grössere Blutmenge zu den Hinterfüssen gelangt, so verfallen diese nach und nach in Todtenstarre. Sie verkürzen sich nicht mehr unter dem Einflusse des Willens oder durch elektrische Reize, die ihre Bewegungsnerven treffen. Regt man die Muskelmasse selbst an, so zittern höchstens einzelne Faserbündel. Oeffnet man die Ligatur, so stellt sich die frühere Reizbarkeit von Neuem her. Brown-Séquard erweckte die todtenstarren Muskeln eines enthaupteten Menschen, indem er geschlagenes Blut (§. 1089) des Menschen oder des Hundes in die Schlagadern eintrieb. War es an der Luft hellroth geworden, so floss es nach der Injection zu den Venen dunkelroth heraus. Es giebt eine spätere Stufe der Todtenstarre, bei der die gleiche Farbenveränderung bemerkt wird, die Reizbarkeit dagegen nicht mehr zurückkehrt. Wiederholt man die Einspritzung des Blutes von Zeit zu Zeit oder hat man kurz nach dem Tode Chloroform in die Arterien getrieben, so wird hierdurch der Zeitpunkt des Verlustes der Empfänglichkeit beträchtlich hinausgeschoben, weil die Schnelligkeit der Fäulnisszersetzung unter jenen Verhältnissen beträchtlich abnimmt.

§. 1723. Der Chirurg hat bisweilen Gelegenheit, die Einflüsse des Blutes auf das Verkürzungsvermögen der Muskeln unmittelbar wahrzunehmen. Musste er die Schenkelschlagader eines Menschen, der eine Pulsadergeschwulst in der Kniekehle hatte, unterbinden, so sinken die Empfindlichkeit und die Beweglichkeit des Unterschenkels und des Fusses, bis der Seitenkreislauf (§. 1329) verbessernd eingegriffen hat.

Wirkungen der Todtenstarre.

§. 1724. Bedient man sich keiner feineren Prüfungsmittel, so erkennt man erst die Todtenstarre an den Stellungsveränderungen der Knochenhebel oder der grösseren Härte der Muskeln. Der durch die Kaumuskeln emporgezogene Unterkiefer pflegt im Todeskampfe herabzugehen. Die spätere Todtenstarre schliesst oder verkleinert wiederum die Mundspalte. Die Ellenbogen- und die Kniegelenke beugen sich aus demselben Grunde. Die eingeschlagenen Finger verdecken häufig den stark gebogenen Daumen. Versucht man die Theile während des Culminationspunktes der Todtenstarre gewaltsam zu strecken, so reissen häufig die Muskeln eher, als die geradlinigte Stellung möglich wird. Der todte, starre Halshautmuskel lässt die Haut des Halses straffer und fester erscheinen.

Dauer der Todtenstarre.

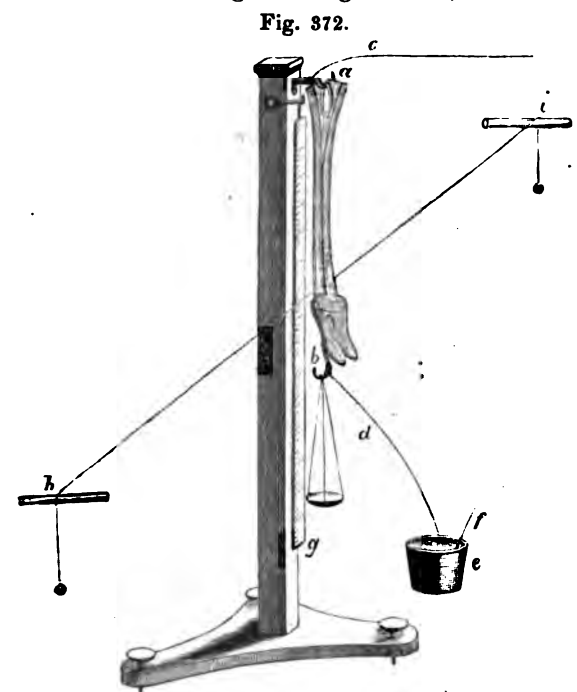
§. 1725. Die ersten auffallenden Zeichen der Todtenstarre können schon eine Viertelstunde nach dem letzten Athemzuge bemerkt werden. Ungefähr 18 Stunden entsprechen, nach Nysten, dem Maximum der Anfangszeit des Rigor. Kräftige Muskeln verfallen früher und stärker in Todtenstarre. Sie tritt daher in Hingerichteten oder Selbstmördern mit grosser Entschiedenheit auf, bleibt dagegen schwächer in Wassersüchtigen. Ge-

lähmte Muskeln können sie immer noch darbieten. Man nimmt an, dass sie länger anzuhalten pflegt, wenn sie erst später nach dem Tode eingetreten ist. In Leichen von Thieren, die mit Strychnin vergiftet worden, beginnt sie jedoch, nach Bruecke, frühzeitig und hört erst spät auf.

Elasticitäts- und Verkürzungsgrösse der Muskeln.

§. 1726. Man kann die Elasticitäts- und die Verkürzungsgrösse eines Muskels an dem Fig. 372 abgebildeten, von Ed. Weber zuerst gebrauchten Apparate bestimmen. Der Muskel *a b*, z. B. der Zungenbein-Zungenmuskel (Hyoglossus) des Frosches, hängt vor einer Scale und trägt unten einen Haken, der eine Wagschale zur Aufnahme der Belastungsgewichte führt. Ein von hier ausgehender Draht *d* taucht in ein mit Quecksilber gefülltes Gefäss *e*, während ein zweiter Draht *c* von dem bei *a* befindlichen Haken ausgeht. Verbindet man *c* mit der einen Elektrode einer galvanischen Kette oder eines Inductionsapparates, während man die zweite Elektrode *f* in das Quecksilber von *e* taucht, so gehen die Ströme durch den Muskel *ab* und verkürzen denselben. Ein sehr langer durchgeführter und an beiden Enden mit Schrotkugeln beschwerter Coconfaden *hi* dient als Zeiger. Man liest mit einem Fernrohre oder einem Diopter ab, um die Fehler der Parallaxe unmerklich zu machen. Die Bestimmung der Dehnungs- und Elasticitätsgrössen fodert nur, dass die Wagschale mit einem bekannten Gewichte beschwert und das Gewicht der Wage und des unteren Hakens gleichzeitig in Rechnung gebracht wird. Will man noch den mittleren Querschnitt bestimmen, so findet man ihn am einfachsten aus dem absoluten und dem specifischen Gewicht. Nennen wir jenes g und dieses s, während die Länge l ist, so erhalten wir für den Querschnitt $q = \frac{g}{s\,l}$. q ist dann in entsprechenden Quadrateinheiten ausgedrückt, wenn $\frac{g}{s}$ in bestimmten Cubik- und l in den analogen Längeneinheiten bezeichnet werden. Soll man z. B. q in Quadratcentimetern haben, so muss man g in Grammen, folglich $\frac{g}{s}$ in Cubikcentimetern und l in Centimetern nehmen.

Fig. 372.

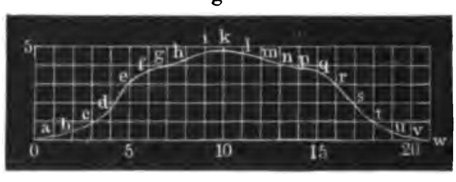


Muskelcurven mit geradlinigter Abscisse.

§. 1727. Will man die Muskelcurven aufschreiben, so verfährt man am zweckmässigsten, wenn man den vorher aufgespannten Bogen mittelst einer Flamme schlechten Oeles, dem man allenfalls etwas Terpentinöl zugesetzt hat, möglichst gleichförmig berusst und die Linien mit einem Menschen- oder einem Hundehaar einkratzen lässt. Das Ganze wird später fixirt, indem man das Papier durch eine verdünnte Lösung von Mastix in absolutem Alkohol zieht.

Man kann die Linien mit geradlinigter (§. 503) oder mit kreisförmiger Abscisse aufzeichnen. Hat man einen Cylinder auf das Fig. 99 S. 150 abgebildete Uhrwerk gesetzt und ihn mit dem berussten Papier bespannt, so hängt man den Muskel senkrecht wie *ab* Fig. 372 S. 527 auf, schützt ihn vor seitlichen Schwankungen durch einen Schlitten- oder einen Parallelogramm-Apparat, und führt den mit dem Haare versehenen Zeichenstift oberhalb der Wagschale horizontal durch. Fig. 373 zeigt uns z. B. die auf diese Art aufgeschriebene Oeffnungszuckung (§. 1642) des mit 2 Grm. belasteten Hyoglossus eines Frosches. Eine starke galvanische Batterie und die von freier Hand vorgenommene Schliessung und Oeffnung durch Quecksilber diente zu dieser Beobachtung. Die Abscissenlänge *o* bis *w* entspricht $^2/_5$ Secunden. Jeder der gleichen Theile der Ordinaten bedeutet 2 Mm.

Fig. 373.

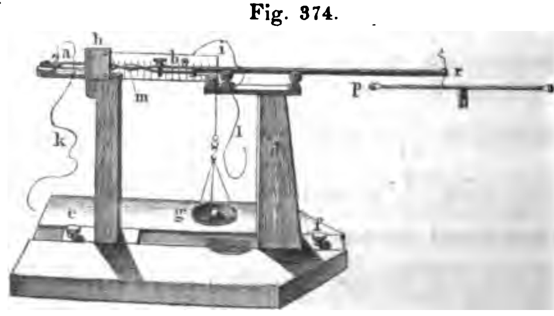


Da der Schluss und die Oeffnung der Kette, wenn sie von freier Hand vorgenommen werden, nicht stetig vor sich gehen, sondern eine Reihe auf- und niedergehender Schwankungen darbieten, so zeigt auch die Muskelcurve entsprechende Ungleichheiten der Verkürzungsgrössen. Sie ist im Anfange *abcd* concav, eine Erscheinung, die häufig ein durch die Krümmung des Haares bedingtes Kunstproduct bildet. Wir haben eine Schwankung *fgh*, ehe das Maximum *k* erreicht wurde. Die Abnahme der Verkürzung zeigte wieder eine Schwankung bei *mnp*. Die erste merkliche Hebung in *a* trat 0,02 Secunden, und das Maximum der Zusammenziehung 0,19 Secunden nach dem Anfange der Wirkung ein, während die Erschlaffung 0,21 Secunden nöthig hatte.

Muskelcurven mit kreisförmiger Abscisse.

§. 1728. Die Curven mit kreisförmiger Abscisse werden nach der §. 536 angegebenen Methode erhalten. Ich bediene mich hierzu des Fig. 374 gezeichneten Apparates, der eben so gut für graphische Darstellungen der Elasticitätscoëfficienten der Gewebe dienen kann. Der Muskel *m* kommt zwischen die beiden Klemmpincetten *a* und *b*, die auf den wech-

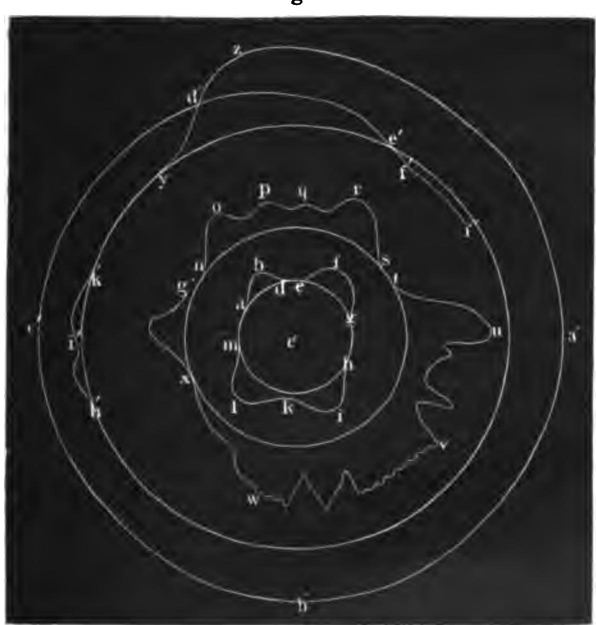
Fig. 374.



selseitig verschiebbaren Stativen *c* und *d* angebracht sind und die Leitungsdrähte *k* und *l* der erregenden galvanischen Vorrichtung aufnehmen. Der Stab *br* läuft auf Rollen von möglichst geringer Reibung. Die über die dritte Rolle gehende Schnur, welche die Wagschale mit dem Beschwerungsgewichte *g* trägt, dient zur Spannung des Muskels, der vorher gefaltet war. Das berusste Papier wird mittelst der in *p* und *q* angedeuteten elastischen Drahtpincetten auf der später rotirenden Scheibe oben befestigt. Die um *h* drehbare Glasscale *hi* macht es möglich, die Dehnungslänge des Muskels mit einem Fernrohre oder einem Diopter abzulesen.

§. 1729. Fig. 375 zeigt uns die wichtigsten Hauptarten von Curven, die auf diese Art erhalten werden. Sie sind sämmtlich dem Hyoglossus und

Fig. 375.



dem Gastrocnemius von Fröschen entnommen. Ich schloss dabei immer die primäre Kette durch einen auf eine kurze Distanz eingestellten telegraphischen Taster. *abd* ist eine Schliessungs- und *efg* die entsprechende Oeffnungszuckung eines einmaligen Schlages einer schwachen Batterie. Man hat daher die ursprüngliche Muskellänge in *de* während der Dauer des Schlusses. *hik* und *klm* stellen den gleichen Fall unter dem Gebrauche einer starken Batterie und mässiger Zuggewichte dar. Der Muskel bleibt dann häufig während der Schliessung verkürzt, so dass sich *k* über dem Bestimmungskreise befindet. *xg'* entspricht einer Zuckung bei mangelnder Beschwerung. Der wieder erschlaffte Muskel erscheint häufig wegen der unvollkommenen elastischen Rückwirkung kürzer als er früher war, so dass *g'* den Bestimmungskreis nicht erreicht. *nors* zeigt eine Reihe rasch folgender Oeffnungen und Schliessungen, und *tuvwx* das Gleiche bei noch schnellerer Tasterbewegung. *y d' z a' b' c' e' f*

entspricht den fortgesetzten Schlägen des Magnetelektromotors. Die nachfolgende Erweichung des Muskels bedingt die Ausweichung f nach innen von dem Bestimmungskreise, so dass das concentrische Stück ff' von der grössten Dehnung nach der Verkürzung herrührt.

Art der Belastung.

§. 1780. Der an seinem oberen Ende aufgehängte Muskel hat sein eigenes Gewicht als wesentliche Belastung, indem jeder Querschnitt die Summe der unter ihm liegenden Querschnitte tragen muss. Die hinzugefügten Lasten bilden die äussere ausserwesentliche Beschwerung. Man pflegt das Muskelgewicht selbst als unbedeutend in allen hierher gehörenden Bestimmungen zu vernachlässigen.

Verkürzung und Erschlaffung.

§. 1781. Denken wir uns die Muskelmasse unbelastet, so sucht sie ihre Elasticität in ihrer gegebenen Form zu erhalten, die Verkürzung dagegen in eine andere Gestalt überzuführen. Beide wirken einander in jedem Augenblicke entgegen, wenn sie gemeinschaftlich thätig sind. Wir können uns das Ganze unter dem Bilde eines senkrecht aufgestellten elastischen Cylinders, den ein auf die Oberfläche gelegtes Gewicht zusammendrückt, vorstellen. Gesetzt, die eine unendlich kleine Zeit dauernde oder instantane Verkürzung entwickele die Kraftgrösse a und verkürze hierdurch den Cylinder um m, so wird die elastische Reaction dieselbe Kraftgrösse a in ihrem Sinne in dem nächsten Augenblicke frei machen. Soll dann eine neue instantane Zusammenziehung zu einer weiteren Verkürzung führen, so muss sie die Kraftgrösse $a+b$ entwickeln. Die fernere Längenabnahme wird der Grösse b entsprechen. Da aber jeder Muskel nur eine endliche Kraftgrösse während einer endlichen Zeit unter den gegebenen Bedingungen entwickeln kann, und das Vermögen, sie in jedem kleinsten Zeittheilchen frei zu machen, mit der Dauer der Erregung oder der Thätigkeit abnimmt, so muss das Wachsthum der Verkürzung eine Grenze erreichen, in der die momentan entwickelte Kraftgrösse eben so gross als die elastische Rückwirkung der zusammengezogenen Muskelfasern ist. Wir nennen dieses das Maximum der Verkürzung. Wird eine kleinere Kraftgrösse in jedem der folgenden Zeitabschnitte geliefert, so gewinnt die elastische Wirkung das Uebergewicht. Die Verkürzung wird negativ. Wir bezeichnen dieses mit der Benennung der Erschlaffung des Muskels.

Erweichung des verkürzten Muskels.

§. 1782. Die elastischen Eigenschaften des Muskels ändern sich während der Dauer der Muskelzusammenziehung. Hat man einen Muskel wie in Fig. 372 aufgehängt und seine Länge unter verschiedenen Belastungen gemessen, ihn dann durch die zahlreichen Schläge des Magnetelektromotors ermüdet, und ermittelt wiederum die Längen, die er unter den mannigfachen früheren Beschwerungen darbietet, so findet man, nach Weber, dass er dehnbarer geworden, d. h. dass die gleiche Länge einer geringeren Belastung als früher entspricht. Da der Elasticitätscoëfficient diejenige Grösse ist, die einen Körper von einer gegebenen Querschnittseinheit bei senkrechtem Zuge doppelt so lang, oder bei senkrechter Compression doppelt so kurz macht, so folgt, dass die Muskelverkürzung den Elasticitätscoëfficienten verkleinert. Man darf in solchen vergleichenden Beobachtungen nicht übersehen, dass die Belastungen selbst zu Täuschungen führen können. Erschlafft der mit einem Gewichte beschwerte Muskel, den man durch die Zusammenziehungen ermüdet hat, so sucht das Beschwerungsgewicht mit gleichförmig beschleu-

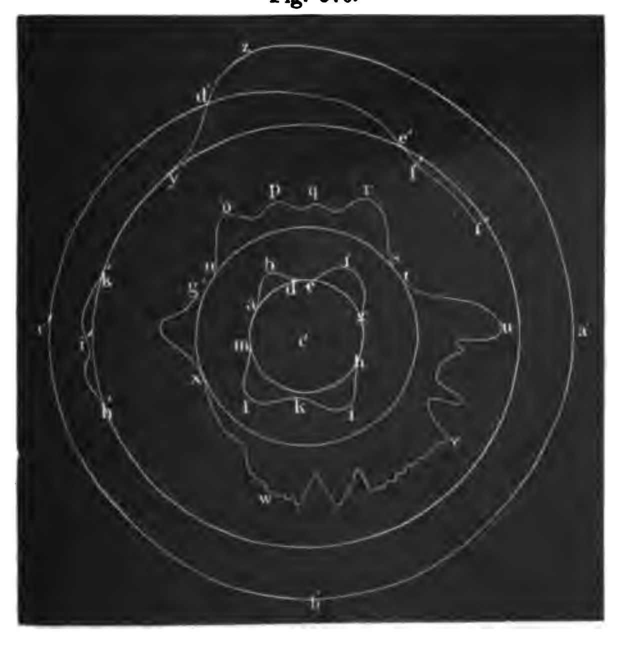
nigter Geschwindigkeit zu fallen. Da es mit seiner lebendigen Kraft, d. h. mit einer Kraftgrösse, die dem Producte seiner Masse in das Quadrat der Geschwindigkeit gleicht, den Muskel zu dehnen strebt, so wirkt es wie ein schwereres Gewicht. Der schnell erschlaffte Muskel müsste daher schon länger als früher erscheinen, wenn selbst seine Elasticitätsgrösse unveränderlich bleibt, sobald nur eine Unvollkommenheit der Elasticität vorhanden ist oder die elastische Nachwirkung zur Beobachtungszeit noch nicht aufgehört hat.

§. 1733. Die Abnahme des Elasticitätscoëfficienten wächst, nach Weber, mit der Dauer der Zusammenziehung und der Ermüdung des Muskels. Sie fehlt nach meinen Beobachtungen an völlig abgestorbenen Muskeln, die man mit dem Magnetelektromotor behandelt. Es kann vorkommen, dass die Erweichung des geschwächten oder ermüdeten und belasteten Muskels grösser als die gleichzeitige Zusammenziehung ausfällt. Er verlängert sich daher unter dem Einflusse der elektrischen Schläge, statt sich zu verkürzen. Harless glaubt sich überzeugt zu haben, dass ein dem Magnetelektromotor ausgesetzter Muskel, den ein gleichförmiger Wind in Schwingungen versetzt, tiefere Töne als im ruhenden Zustande erzeugt. Dieses wird natürlich nur dann möglich sein, wenn die Einflüsse der Abnahme des Elasticitätscoëfficienten die der Verkürzung übertreffen. Hat man einen kräftigen Muskel zu anhaltenden Zusammenziehungen gezwungen, so findet man ihn häufig nach der Erschlaffung kürzer als er früher war (xg', Fig. 375), sei es, dass die elastische Nachwirkung noch nicht beendigt ist, oder die Reibung des Apparates die vollständige Rückkehr nicht gestattet.

§. 1734. Die öftere und rasche Wiederholung der elektrischen Schläge

Rasche Erregungen.

Fig. 376.



führt nicht bloss zu einer längeren, sondern auch zu einer stärkeren Zusammenziehung. Will man dieses nachweisen, so hemmt man das Hammerwerk eines Magnetelektromotors, so dass die primäre Kette offen bleibt, und führt die Leitungsdrähte von dem Hammerstücke und der Unterlage zu einem Telegraphentaster oder einer anderen, dem Blitzrade ähnlichen Vorrichtung. Schliesst und öffnet man nur einmal, so erhält man z. B. die Curve *k' i' k'* Fig. 376. Ahmt man das Spiel des Magnetelektromotors mit dem Taster nach, so bekommt man *nopqrs* oder *tuvwx* je nach der Geschwindigkeit der Einzelbewegungen und der Dauer der Wirkung. Giebt man endlich das Hammerwerk frei, so zeichnet das Haar die Curve *yza' b' c' d' e'* ein. Der Muskel pflegt dabei nicht so sehr ermüdet zu werden, dass ihn die Erweichung nach *e' f* führt. Ich habe Fälle aufgezeichnet, in denen das Maximum der tetanischen Verkürzung (§. 1650), die unter dem Einflusse des Magnetelektromotors zu Stande kam, 13 bis 15 Mal so gross ausfiel, als die grösste Zusammenziehung, die ein instantaner Inductionsstrom unmittelbar vorher erzeugt hatte.

Discontinuirliche Zusammenziehung.

§. 1735. Lässt man den Taster rasch arbeiten, so dass die Oeffnung einfällt, ehe der durch die Schliessung zusammengezogene Muskel völlig erschlaffen konnte, so erhält man die abwechselnden Steigungen und Senkungen, die *or* und *uwx*, Fig. 376, geben. Die geringsten zwischen *v* und *w* liegenden Schwankungen der Verkürzungsgrösse, die nur einen kleinen Bruchtheil der gesammten Contraction bildeten, kamen an dem frischen Hyoglossus eines grossen Frosches zum Vorschein, als die für einen Schluss und eine Oeffnung nöthige Zeit 0,043 Secunden betrug. Folgen sich die Schläge noch häufiger, nachdem man das Hammerwerk des Magnetelektromotors freigegeben, so deutet die Aufzeichnung *yza' b' c' d' e'*, Fig. 376, keine Schwankungen mehr an. Man bekommt höchstens schwache Zickzacklinien an einzelnen Stellen, und zwar vorzüglich nach lange anhaltender Reizung, wenn Wechselkrämpfe statt des Starrkrampfes auftreten (§. 1650).

Continuirliche Verkürzung.

§. 1736. Das rheoskopische Froschpräparat scheint anzuzeigen, dass die gleichartigste tetanische Zusammenziehung aus einer Reihe schwankender Verkürzungsgrössen besteht (§. 1665). Zeichnet diese das Haar nicht auf, so lässt sich die Ursache in den Reibungen suchen. Allein auch der Gebrauch des Polarisationsapparates führt häufig nicht zur Erkenntniss, dass der Starrkrampf keine continuirliche und gleichförmige Verkürzung sei.

§. 1737. Hat man einen hinreichend dünnen Abschnitt eines Muskels unter dem Polarisationsmikroskope, so dass er die Taf. I. Fig. VIII. gezeichneten Farben liefert, so können sich diese bei der Zusammenziehung aus zweierlei Gründen ändern. Bildete der verkürzte Muskel eine dickere Platte, so ist ein Wechsel der Gangunterschiede der ordentlichen und der ausserordentlichen Strahlen gegeben (§. 1524). Lieferte aber der zusammengezogene Muskel andere Werthe des Brechungscoëfficienten als der erschlaffte, so müsste schon ein Farbenwechsel bei gleicher Dicke der Muskelplatte zum Vorschein kommen. Legt man die Bauchmuskeln kleiner Frösche unter das Polarisationsmikroskop und erhöht im Nothfalle die Lebhaftigkeit der Farbenbildung durch die Einschaltung einer rechts oder links drehenden Querplatte (§. 1553), so ereignet es sich häufig, dass die Farbe einer im Auge behaltenen Stelle in eine andere umschlägt, so wie die Schläge des Magnet-

elektromotors durch den Muskel gehen. Die angestrengteste Aufmerksamkeit ist aber bisweilen nicht im Stande, eine fortwährende Aenderung der Färbungen während des höchsten Grades des Tetanus wahrzunehmen. Wechselkrämpfe führen eher zu einem merklichen Schillern. Man darf sich aber hierbei nicht durch blosse Lichtreflexe täuschen lassen.

Chemische Veränderungen.

§. 1738. Die Muskeln, durch die man die Schläge des Magnetelektromotors leitet, scheiden mehr Kohlensäure an die umgebende Atmosphäre ab als ruhende Muskeln (§. 1719). Der durch anhaltende Zusammenziehungen ermüdete Muskel reagirt, nach du Bois, sauer, während der ruhende neutral erscheint. Diese Veränderung kann eben so gut von der Ernährungsflüssigkeit, als der Muskelsubstanz herrühren. Künftige Erfahrungen werden noch näher bestimmen müssen, ob die Zusammenziehung die Mengen des Kreatin vergrössert und welche andere Zerlegungen unter diesen Verhältnissen eingreifen.

Bedingungen der Erregbarkeit.

§. 1739. Wie die Stärke der Induction von der Beschaffenheit des inducirten Körpers, der Quantität des inducirenden Stromes und der wechselseitigen Entfernung der inducirenden und der inducirten Massen abhängt (§. 1632), so kehrt etwas Aehnliches für die Beziehungen der Bewegungsnerven und der Muskeln wieder. Die Grösse der Verkürzung wechselt mit der Kräftigkeit des Muskels, d. h. mit einer gewissen Molecularbeschaffenheit, bei welcher die elektrischen Gegensätze von Längen- und künstlichem Querschnitt ihr Maximum erreichen (§. 1652), die eine grössere, gleichförmigere und vollkommenere Elasticität bedingt, die durch die Verkürzung gestört und unter dem Einflusse des Blutes und der Ernährungsflüssigkeit in der Ruhe wieder gewonnen wird. Erregt man den Muskel von dem Nerven aus, so kommen noch die bedeutendere Leistungsfähigkeit und eine grössere Strecke der erregten Nerven als Begünstigungsmittel hinzu. Die auf die Zeiteinheit bezogene Schwankung der Erregungsmomente greift in beiden Fällen direct bestimmend ein. Die Verkürzungsmaxima fallen nicht bloss in ermüdeten, absterbenden, durch Kälte oder andere ungünstige Bedingungen gelähmten Muskeln kleiner aus; sie werden auch erst nach längeren Zeiträumen erreicht. Bedenkt man, dass einzelne Theile der Muskelfaser von den sie versorgenden Nervenfasern oder der sie anregenden Veränderung entfernter liegen, so dürfen wir schliessen, dass die Induction der Verkürzung längs des Verlaufes einer und derselben Muskelfaser quantitativ und zeitlich wechselt.

Zeitverhältnisse.

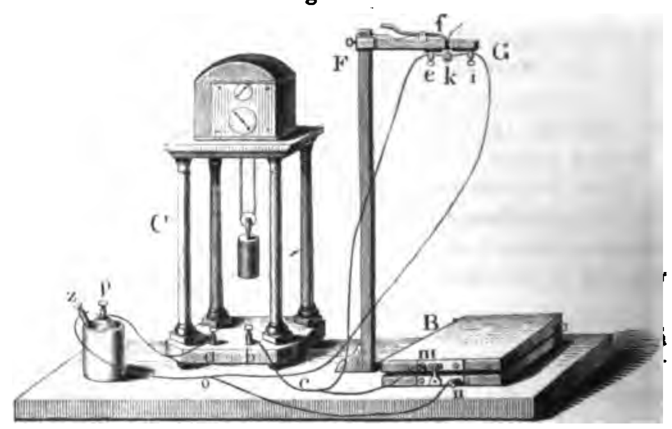
§. 1740. Die Beobachtungen, welche Helmholtz über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Nervenerregung gemacht hat, lehrten schon, dass die Zeit, die der Muskel nöthig hat, um die kleinste merkliche Verkürzung zu Stande zu bringen, weit mehr beträgt, als für die Leitung der Reizung durch den Bewegungsnerven verloren geht. Versuche, die ich mit Hipp am Chronoskop anstellte, können dasselbe erhärten. Fig. 377 (a. f. S.) zeigt uns diesen Apparat so eingerichtet, dass man mit ihm die Fallzeit einer Kugel messen kann.

Chronoskop.

§. 1741. Das Hipp'sche Chronoskop hat zwei Uhrwerke. Der Zeiger des ersten, dem das untere Zifferblatt, Fig. 377, entspricht, macht eine Umdrehung in 10 Secunden. Da der Kreis in 100 Theile getheilt ist, so hat man $^1/_{10}$ Secunde für jeden Grad. Der Zeiger des zweiten dagegen liefert

einen ganzen Umgang, wenn der des ersten um einen Grad fortschreitet. Der Kreis des oberen Zifferblattes ist wieder in 100 Grade getheilt. Ein

Fig. 377.



Grad entspricht daher $^1/_{1000}$ Secunde. Das erste Uhrwerk geht frei, sobald man das Ganze aufgezogen hat. Der Anker eines Elektromagneten hemmt dagegen den Gang des zweiten Uhrwerkes, so lange ein elektrischer Strom durch die Spirale desselben läuft. Man führt ihn durch, wenn man die Elektroden einer galvanischen Säule oder einer Batterie mit den Klammern *a* und *b*, Fig. 377, verbindet. Hört der elektrische Strom auf, so dass der Anker losgeht, so wird das zweite Uhrwerk ausgelöst. Das schon im Gange befindliche Räderwerk des ersten Uhrwerkes nimmt das des zweiten mit, so dass es das Maximum der Geschwindigkeit sogleich erlangt. Eine Feder, die 1000 Schwingungen in der Secunde macht und bei jeder derselben zwischen zwei Zähne eines Rades des zweiten Uhrwerkes eingreift, bewirkt die Regulation desselben.

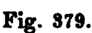
Sind die Verbindungen, wie es Fig. 377 zeigt, hergestellt und die Fallkugel *k* auf die Fallzange *efi* gelegt worden, so zieht man das Chronoskop auf. Man sieht den Stand der Zeiger der beiden Zifferblätter nach und öffnet die Fallzange. Hat sie auf das Fallbrett *B* aufgeschlagen, so vergleicht man den Stand der Zeiger von Neuem. Fig. 378 kann uns von dem, was vorgegangen, Rechenschaft geben. *zfk* sei die Batterie, *ab* der Anker des Elektromagneten, *cd* die Fallzange und *ef* das Fallbrett. Ist die Fallzange geschlossen, so sind *c* und *d* leitend verbunden. Der Strom geht daher durch *zfk*, *abcdgh* (*zpabceio* Fig. 377). Oeffnen wir die Fallzange, so wird der Kreis unterbrochen. Das zweite Uhrwerk des Chronoskopes beginnt seinen Gang. Fällt dann die Kugel auf das Fallbrett, so treibt sie die obere Abtheilung desselben nach der unteren zu. Es stellt sich hierdurch eine leitende Verbindung zwischen *e* und *f* her. Der Strom geht durch *zfkabcefih* (*zpabc* III II *o* Fig. 377) und das zweite Uhrwerk steht still. Es ist daher eben so lange, als die Kugel fiel, in Bewegung geblieben.

Fig. 378.



Will man richtige Fallzeiten haben, so darf die Batterie weder zu schwach noch zu stark sein. Der Grund liegt darin, dass das Eisen eine mit der Stromstärke wechselnde endliche Zeit braucht, um den Anker auf die früher erwähnte Art zu bewegen, und diese Grössen dann bei dem Schlusse und der Oeffnung der Kette ungleich ausfallen. Erst eine gewisse Mittelstärke des Stromes führt den Fehler auf ein Minimum zurück.

§. 1742. Fig. 379 kann zeigen, wie wir den Apparat für unseren Zweck benutzten. Wir entfernten alle Theile des Oberschenkels eines enthaupteten Frosches bis auf die Hälfte des Knochens x, den wir zum Aufhängen des Ganzen benutzten. Alle Theile des Unterschenkels wurden bis auf die obersten Kochenstücke und den Wadenmuskel w fortgeschnitten. Wir hingen dann eine Vorrichtung, die 7 Grm. wog, in die Achillessehne. Sie ging in einen Stift k aus, der von dem übrigen Präparate isolirt war. Die metallische Spitze desselben berührte das Metall eines Telegraphentasters lm, dessen Schraube so eingestellt war, dass eine Zusammenziehung des Muskels, die weniger als $^1/_{20}$ Mm. betrug, die Leitung von k nach lm unterbrach und eine neue Berührung unmöglich machte. Der Nerv kam auf einen Apparat, durch den man einen elektrischen Schlag durch eine centrale oder eine peripherische, 20 Millimeter von der ersten entfernte und einen Millimeter lange Nervenstrecke leiten konnte. Wir arbeiteten mit einer aus sechs grossen Zink-Kohlenelementen bestehenden Chronoskopbatterie C, deren Leitungsstücke die ausgezogenen Linien, und einer schwächeren Nervenbatterie N, deren Verbindungsstücke die punktirten Linien in Fig. 379 anzeigen. Bezeichnen wir wieder den Anker des Elektromagneten mit ab, Fig. 379, die beiden Seitenhälften der Fallzange mit c und d, und die des Fallbrettes mit e und f, so ging der Strom der Chronoskopbatterie, der von zfk kam, durch g, den Anker ab, durch hei, den Stift k, den Taster lm und endlich durch n zurück. Der der Nervenbatterie N hatte einen doppelten Weg. Er lief durch $pqcdv$, welche erste Bahn rein metallisch war, und durch $putsrdv$. Da hier das Nervenstück ts eingeschaltet war, so bot dieser Stromarm einen weit grösseren Leitungswiderstand als der erstere dar. Der Muskel zuckte auch nicht, wenn die Nervenbatterie geschlossen wurde (§. 1621).


Fig. 379.



Oeffnete man die Fallzange cd, so blieb die Chronoskopbatterie immer noch geschlossen. Das zweite Uhrwerk kam daher noch nicht in Gang, als die Kugel zu fallen anfing. Da aber dann die Verbindung zwischen c und d aufhörte, so konnte der Strom der Nervenbatterie nur durch $putsrdv$ gehen. Er bewegte sich daher jetzt durch den Nerven mit voller Stärke. Zog sich hierdurch der Muskel w um weniger als $^1/_{20}$ Mm. zusammen, so war der Kreis der Chronoskopbatterie zwischen k und lm unterbrochen. Das zweite Uhrwerk setzte sich in Bewegung. Fiel hierauf die Kugel auf das Fallbrett, so dass e und f leitend zusammen kamen, so ging der Strom

der Chronoskopbatterie C durch $gabhefy$. Der Anker ab wurde angezogen und das Uhrwerk stand abermals still.

Nennen wir die durch das Chronoskop angezeigte Fallzeit der Kugel bei der Fig. 378 dargestellten Einrichtung t und die bei Fig. 379 t', so giebt $t - t'$ die Zeit, die zwischen der elektrischen Reizung des Nervenstückes ts und der weniger als $^1/_{20}$ Mm. betragenden Längenabnahme des Muskels w verstrichen ist. 20 Versuche, die wir vor und nach einer Untersuchungsreihe der Froschmuskeln anstellten, lieferten z. B. 0,2997 Secunden als mittlere wahre Fallzeit t der Kugel. Die angezeigten Zeiten betrugen dagegen nur 0,278 bis 0,282 Secunden, wenn wir den frisch präparirten Wadenmuskel eines sehr grossen Frosches (*R. esculenta*) eingeschaltet hatten und ihn fünfmal hinter einander arbeiten liessen. Das Mittel t' war 0,2806 Secunden. Es dauerte daher 0,0191 Secunden, bis sich die Erregung durch ein 25 Mm. langes freies Stück des Hüftnerven fortpflanzte und sich der 28 Mm. lange Wadenmuskel um weniger als $^1/_{20}$ Mm. verkürzte.

Zeit der kleinsten Verkürzungsgrösse.

§. 1743. 44 Beobachtungen, die wir an den frischen und sehr reizbaren Wadenmuskeln grosser Frösche bei 15° bis 20° C. anstellten, gaben 0,0087 bis 0,0257 Secunden für jenen Zeitverlust. Das Mittel aller dieser Erfahrungen glich 0,02065 oder ungefähr $^1/_{50}$ Secunde. Die längste Distanz der gereizten Stelle von dem oberen Anfange des Muskels betrug 30 Mm. Da nach Helmholtz die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Nervenerregung 27,25 Meter für die Secunde beträgt, so konnten jene 3 Centimeter nur 0,00110 oder $^1/_{908}$ Secunde in Anspruch nehmen. Der weit grössere Rest von 0,01955, beinahe der ganze Werth von $^1/_{50}$ Secunde oder 177 Mal mehr als jene Zeitgrösse, war nöthig, bis die Wirkung der in dem Innern des Wadenmuskels enthaltenen Nervenfasern eine Verkürzung der schief verlaufenden Muskelfasern erzeugt oder inducirt hatte, durch die eine Längenerhebung von weniger als $^1/_{20}$ Mm. für die Achillessehne herauskam.

§. 1744. War der Muskel bei der Präparation beträchtlich misshandelt worden, oder setzten wir die Beobachtungen so lange fort, bis endlich selbst die Erregung des peripherischen Nervenstückes erfolglos blieb, so verlängerte sich jener Zeitraum in auffallendem Maasse. Ein im Absterben begriffener Muskel gab z. B. 0,0497 oder $^1/_{20}$ Secunde, und selbst 0,1267 oder $^1/_8$ Secunde, wenn er die kurz darauf folgende Reizung nicht mehr beantwortete. Die Temperaturerniedrigung wirkte in ähnlicher Weise (§. 1710).

§. 1745. Man darf mit Recht erwarten, dass die nicht misshandelten und von dem Blute frisch erhaltenen Muskeln des lebenden, unversehrten Thieres weniger Zeit bis zur ersten merklichen Verkürzungsgrösse verlieren. Da die Kälte verzögernd wirkt, so wird die Zwischenzeit in den warmblütigen Geschöpfen kleiner als in den kaltblütigen ausfallen, vorausgesetzt, dass die Kräfte der Muskelmassen nicht compensirend eingreifen. Die meisten raschen Bewegungen, die wir vollführen, übersteigen den Werth von $^1/_{50}$ Secunde, weil sie die Minima der Hubhöhen beträchtlich überschreiten. Ein geübter Clavierspieler konnte seinen Zeigefinger 200 Mal in einer halben Minute beugen und strecken. Eine Bewegung kostete daher ungefähr $^1/_{13}$ Secunde. Recitire ich einen mir geläufigen Vers, der aus 45 Buchstaben besteht, in 2 Secunden, so fordert die Aussprache eines jeden Buchstabens $^1/_{23}$ Secunde. Diese setzt aber eine Reihe von Muskelwirkungen voraus, so

dass kleinere Werthe für jede Bewegungsthätigkeit herauskommen. Man hat aus der Tonhöhe der Flügelschläge der Insecten berechnet, dass jeder einzelne nur $^1/_{4020}$ Secunde in Anspruch nimmt.

Fig. 380.

Dehnungslänge.

§. 1746. Ist $ad = \lambda$ die natürliche ursprüngliche Länge eines elementaren Muskelfadens, und hat ihn das Belastungsgewicht $bc = p$ zu $ab = l$ ausgedehnt, so bildet $bd = \delta$ die Dehnungsgrösse und l die Dehnungslänge. Der relative Dehnungswerth ist $\frac{\delta}{\lambda} = d$.

Verkürzungsgrösse.

§. 1747. Verkürzt sich der Muskelfaden zu $ae = k$, so wird die Last bis e gehoben. $eb = h$ bildet daher die Hubhöhe. h ist der absolute und $\frac{h}{l} = h'$ die relative Verkürzungsgrösse.

Hubhöhe.

§. 1748. Nehmen wir an, der Faden werde n mal so lang, während die relative Verkürzungsgrösse gleich bleibt, so haben wir $\frac{nh}{nl} = h'$, der absolute Werth ist aber nh oder n mal so gross wie früher. Man sagt daher, dass die Hubhöhe mit der Länge der Muskelfasern zunimmt.

Fig. 381.

Hubkraft.

§. 1749. Hebt der Faden $ab = l$ die Last $bc = p$ auf die Höhe $db = h$, Fig. 381, so werden n neben einander gestellte Fäden ab, ef, gh n mal so viel Gewichte auf die gleiche Höhe h unter sonst gleichen Verhältnissen emporschaffen. Denkt man sich die Fäden unendlich nahe zusammengerückt, so entspricht ihre Anzahl dem Querschnitte des Ganzen. Man macht daher die Hubkraft der Muskeln von dem Querschnitte abhängig.

Nutzwirkung.

§. 1750. Will man die gleichzeitige Wirkung der Hubhöhe und der Kraft übersichtlich ausdrücken, so kann man sich die eine von beiden als Abscisse und die andere als Ordinate vorzeichnen. ab, Fig. 382, entspreche der Kraft k und ad der Hubhöhe l, so giebt der Flächeninhalt des Rechteckes $abcd$ oder $kl = n$ einen Werth, der die Kraft und die Hubhöhe als Bedingungsglieder voraussetzt. Man nennt diese Grösse n die mechanische Leistung, die Nutzwirkung oder den Nutzeffect. Da das Product n aus den verschiedensten Factoren hervorgehen kann oder $n = kl = k'l' = k''l''$ ist, so folgt, dass der Begriff der mechanischen Leistung in hohem Grade unbestimmt bleibt, wenn man selbst die Zeitverhältnisse der Arbeit unbeachtet lässt.

Fig. 382.

Gleichförmige Bewegung.

§. 1751. Eine gleichförmige Bewegung bietet die einfachsten Beziehungen dar. Nennen wir den durchlaufenen Weg h und die hierfür gebrauchte Zahl von Zeiteinheiten t, während v die für die Zeiteinheit gültige Geschwindigkeit bedeutet, so haben wir $v = \frac{h}{t}$. Da es gleichgültig ist, ob wir eine endliche oder eine unendlich kleine Zeiteinheit im Auge haben, so erhalten wir auch $v = \frac{dh}{dt}$.

Ungleichförmige Bewegung.

§. 1752. Die gleichförmig beschleunigte Bewegung besteht darin, dass die Geschwindigkeit von einem Zeittheilchen zum anderen gleichartig wächst und die gleichförmig verzögerte, dass sie gleichartig abnimmt. Beide unterscheiden sich daher nur dadurch, dass die Beschleunigung φ in dem ersteren Falle positiv und in dem zweiten negativ wird. Man stellt sich in der höheren Mechanik vor, dass sie einen unendlich kleinen Geschwindigkeitsunterschied in jedem unendlich kleinen Zeittheilchen liefert, und drückt sie daher durch $\pm \varphi = \frac{dv}{dt} = v \cdot \frac{dv}{dh}$ aus. Die Integration dieser Gleichung giebt die Beziehungen für endliche Zeitgrössen.

Arbeitszeit.

§. 1753. Wollte man die Nutzwirkungen der thierischen Muskeln vollständig verfolgen, so müsste man die Zeitverhältnisse ihrer Arbeit nach ähnlichen Grundsätzen auffassen. Ihre Thätigkeit ist in keinem Falle für die Dauer gleichförmig. Der Wechsel der momentanen Erregungs- und der schwankenden Ermüdungszustände hindert es, die Leistungen als gleichförmig beschleunigt oder gleichförmig verzögert anzusehen. Man hat hier eine Reihe positiver und negativer unbekannter Bedingungsglieder. Wir werden später finden, dass die Bemühungen der Mathematiker, die Arbeitskräfte des Menschen und der Thiere nach theoretischen Formeln zu bestimmen, an dieser Klippe gescheitert sind. Man hat auch die Zeitdauer der Arbeit in den meisten physiologischen Versuchen nicht genauer ermittelt. Das Aufzeichnen der Muskelcurven liefert das einfachste Mittel, sie wenigstens ungefähr zu bestimmen.

Maximum der Nutzwirkung.

§. 1754. Sollte die Nutzwirkung des Muskels für alle endlichen Werthe gleich bleiben, so müsste $n = kl = k'l' = k''l''$ oder, wenn man das eigene Gewicht des Muskels vernachlässigt, $n = ph = p'h' = p''h''$ und daher $p : p' = h' : h$ sein, d. h. die Hubhöhen müssten sich umgekehrt wie die Belastungen verhalten. Die Erfahrung lehrt, dass dieses nicht der Fall ist. Die Grösse der Nutzwirkung ändert sich mit den Zuggewichten. Die Dehnungseinflüsse der Beschwerungen schaden der Verkürzungsgrösse. Ein überlasteter Muskel ist deshalb nach der Entfernung der Beschwerung geschwächt oder für immer gelähmt. Dieses liefert den Hauptgrund, weshalb ein starkes Wachsthum der Zuggewichte die Hubhöhe unverhältnissmässig herabsetzt und das Maximum der Verkürzungsgrösse eine relativ sehr kleine Beschwerung voraussetzt. Keiner dieser beiden Fälle liefert deshalb die grösste mechanische Leistung. Das Maximum der Nutzwirkung erscheint bei der günstigsten Combination der Zwischenwerthe der Hubhöhe und der Belastung, oder bei dem Falle, in dem das Gewicht gross genug ist, um eine beträchtlichere mechanische Leistung möglich zu machen, und zu klein ausfällt, um die Verkürzung wesentlich zu beeinträchtigen.

§. 1755. Wäre das Gesetz, nach dem sich die Kraft und die Hubhöhe eines contractilen Fadens ändern, oder die Verkürzungscurve bekannt, so liesse sich auch aus der Gleichung derselben theoretisch bestimmen, welche Combination von Gewicht und Verkürzungsgrösse den maximalen Nutzwerth liefert, und ob ein solcher Wendepunkt ein oder mehrere Male wiederkehrt. Eine nähere Betrachtung lehrt aber, dass wir weder jene Curve, noch selbst den wahren Werth der grössten mechanischen Leistung in der Erfahrung mit Sicherheit bestimmen können.

Bedient man sich der Fig. 372 S. 527 abgebildeten Vorrichtung, so beschwert man den Muskel nach und nach mit grösseren Lasten, prüft dessen Hubhöhen unter den gegebenen Erregungen, und sieht dann nach, welches Product der Kraft und der Längenabnahme die grösste Zahl darbietet. Da man hierbei die Gewichte sprungweise wachsen lässt, so hat man keine Garantie, dass die grösste gefundene Leistung das wahre Maximum der Nutzwirkung giebt. Die Ermüdung liefert aber einen Factor, der die einzelnen Versuche ungleichwerthig macht, der es nicht gestattet, die Kräfte als Abscissen und die Längenabnahmen als Ordinaten zu verzeichnen und die Curvengleichung unter dieser Voraussetzung aufzusuchen. Sollte der ermüdete Muskel einen anderen Leitungswiderstand als der kräftige darbieten, so wäre eine neue Fehlerquelle gegeben.

Minimum der Nutzwirkung.

§. 1756. Da sich ein Muskel unter dem Einflusse der Erregung verlängern kann, so folgt, dass auch eine negative Nutzwirkung möglich ist, dass das Minimum der mechanischen Leistung nicht bei Null liegt. Die allgemeine Curve hat daher einen unterhalb der Abscisse liegenden negativen Abschnitt und einen über derselben liegenden positiven Theil, der mindestens einen Wendepunkt darbieten muss.

Ungleiche Wirkung der Muskelelemente.

§. 1757. Wir haben uns bis jetzt die einzelnen Muskelfäden gleichartig gedacht. Wollen wir aber die eben erläuterten theoretischen Folgerungen auf die Muskeln übertragen, so stossen wir auf eine Reihe neuer unbestimmbarer Bedingungsglieder, welche die Sicherheit der Betrachtung wesentlich stören. Es fragt sich von vornherein, ob jeder Muskelfaden seiner ganzen Länge nach gleichartig ist. Geht die Erregung von den Nerven aus, so nimmt wahrscheinlich die Stärke der Verkürzungsinduction mit der Entfernung von der Nervenfaser ab (§. 1739). Ein und derselbe Faden arbeitet daher mit Kräften, die sich durch eine auf- und niedergehende Curve versinnlichen lassen. Die §. 1704 erwähnten Erscheinungen deuten an, dass die benachbarten Muskelfäden ungleiche Elasticitätsgrössen darbieten können. Es liegt kein Grund vor, ihnen die gleiche Verkürzungsfähigkeit für alle Fälle zuzuschreiben. Die verschiedene Dicke und die abweichende Zusammenziehung der einzelnen Muskelfasern, sowie die ungleiche Vertheilung des Perimysiums hindern es, den Querschnitt eines Muskels als den wahren Ausdruck seiner Kraftgrösse anzusehen. Dazu kommt noch, dass der Verlauf und die Anheftung der Zuggebilde die Unterscheidung einer wahren und einer scheinbaren Thätigkeit nöthig macht.

Wahre und scheinbare Wirkung.

§. 1758. Wirkt der Widerstand $bc = p$, Fig. 383, in einer der Zugrichtung ab parallelen, aber entgegengesetzten Richtung ba, so kann der elementare Muskelfaden ab seine volle Kraftgrösse und seine wahre Hubhöhe liefern. Beschreiben wir dagegen um b den Bogen ad mit dem Halbmesser ab und denken uns den Faden ab nach bd versetzt, so wird er die Last p mit einer bf proportionellen Kraft emporzuheben und mit einer fe entsprechenden wagerecht zu verschieben suchen. Ist das Letztere unmöglich, so wirkt er nur mit der Grösse $p \cos \alpha$, während $p \sin \alpha$ verloren geht. Zieht er sich um $be = h$ zusammen, während das Gewicht p nur in der Richtung ba ausweichen kann, so haben wir

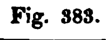


Fig. 383.



die scheinbare Hubhöhe $h' = h \cos \alpha$ statt der wahren Verkürzungsgrösse h.

§. 1759. Man wählt zu den einfachsten Versuchen geradfaserige Muskeln, die in der Richtung ihres Faserverlaufes thätig sind. Der grösste Theil der Muskelfasern der meisten Muskeln des thierischen Körpers heftet sich aber an ihre Sehnen oder Aponeurosen schief an. Fast alle Zwischenglieder der Muskelwirkung setzen sich unter spitzen Winkeln an ihre Bewegungshebel. Man erhält daher kleinere Kraftthätigkeiten und geringere Hubhöhen, als unter günstigeren Bedingungen zum Vorschein gekommen wären. Aendert der Hebel seine Stelle, so wechselt auch der Angriffswinkel. Alle Einzelbestimmungen beziehen sich deshalb nur auf unendlich kleine Verrückungen aus einer gegebenen Lage, die man zum Ausgangspunkte genommen hat.

Natürliche Länge.

§. 1760. Man spricht häufig von einer **natürlichen Länge** des Muskels im Gegensatze zur Dehnungslänge. Eine einfache Betrachtung lehrt, dass man auch hier eine willkürliche Grösse zum Grunde legt. Die Muskelfasern sind immer zwischen zwei verschiebbaren Ansatzpunkten mittelbar oder unmittelbar ausgespannt. Da man keine Stellung derselben als die ausschliesslich natürliche betrachten kann, so folgt, dass die natürliche Länge des Muskels unbestimmt ist, dass hier eine Reihe von Grössen möglich bleibt und höchstens eine ungefähre Mittelstellung der Befestigungspunkte eine annähernde conventionelle Bestimmung gestatten kann.

Mögliche Verkürzungsgrösse.

§. 1761. Ein parallelfaseriger Muskel, wie der Zungenbeinzungenmuskel (*Hyoglossus*) oder der Schneidermuskel (*Sartorius*) des Frosches, den man in der Fig. 372 abgebildeten Weise aufgehängt und mit 2 Grm. beschwert hat, kann sich unter dem Einflusse des Magnetelektromotors um $^9/_{10}$ bis $^4/_5$ seiner Dehnungslänge verkürzen. $^3/_4$ gehört zu den häufig vorkommenden Werthen. Hat man einen Abschnitt der Bauchmuskeln ausgeschnitten, so dass die Zickzackbiegungen die Länge um mehr als die Hälfte verkleinerten, so kann diese noch um $^1/_4$ abnehmen, wenn starke elektrische Schläge zu wiederholten Malen durchgehen. Man erhält also auch hier mehr als $^3/_4$ für die **Verkürzungsgrösse**. Da die bei der Präparation unvermeidliche Misshandlung den Muskel schwächt, so darf man annehmen, dass er sich um mehr als $^9/_{10}$ in vollem lebenskräftigen Zustande zusammenziehen könnte, wenn keine Widerstände beschränkend eingriffen.

Hemmung der Muskelthätigkeit.

§. 1762. Diese beträchtlichen Längenabnahmen kommen in dem unversehrten Geschöpfe nie zum Vorschein, weil die Hebel, an die sich die Muskeln anfügen, die Excursion hemmen, ehe das Maximum der möglichen Verkürzungsgrösse erreicht ist. Verglich ich die grössten und die kleinsten Längen des Kopfnickers (*Sternocleidomastoideus*) unter den verschiedenen möglichen Maximalabweichungen, so betrug das Minimum der Längenausdehnung etwas mehr als 40 % des Maximum. Die Bauchmuskeln gestatteten 50 %. Ed. **Weber**[42]), der ähnliche Bestimmungen an der Leiche anstellte, erhielt im Durchschnitt 47 % für die verschiedensten Körpermuskeln. Die Längen und die Anheftungen aller grösseren Skelettmuskeln sind so eingerichtet, dass 44 bis 68 % bei der grösstmöglichen natürlichen Zusammenziehung herauskommen. Die grösste Wirkung nimmt daher weniger als $^1/_2$ bis $^2/_3$ der möglichen Verkürzung in Anspruch. Bedenken wir,

dass die positive Muskelthätigkeit mit der Dauer der Verkürzung abnimmt, und eine ihrer Grösse entsprechende Ermüdung zurücklässt, so kann es nur von Vortheil sein, wenn die Hemmung der Wirkungshebel die Längenabnahme beschränkt.

Querschnittsbestimmungen.

§. 1763. Man berechnet gewöhnlich den mittleren Querschnitt aus dem Gewichte der Muskeln. Ist dieses g, die Eigenschwere s und die zum Grunde zu legende Länge l, so hat man für den Querschnitt $q = \frac{g}{l s}$ in Quadratcentimetern, wenn g in Grammen ausgedrückt worden. Man erhält auf diese Weise den durchschnittlichen Querschnitt des Muskels, nicht aber der Summe der Muskelfasern. Stehen alle Fasern auf dem Muskelquerschnitte senkrecht, so wird man einen richtigeren Werth bekommen, als wenn dieses nicht der Fall ist. Hat sich ein Muskel längere Zeit hindurch zusammengezogen, so wird er auch specifisch leichter. Man findet daher einen kleineren Querschnitt, wenn man ihn vor, als wenn man ihn nach den Verkürzungsversuchen abmisst. Da überdies der Verlauf, die Querdurchmesser und die Anheftungsweise der einzelnen Muskelfasern und die Summe der dazwischen liegenden, nicht verkürzbaren Gewebe von Muskel zu Muskel und oft selbst von Bündel zu Bündel wechseln, so liefert jede Querschnittsberechnung eine nur sehr ungefähre Grösse, die keinen sicheren Vergleich der verschiedenen Muskeln des gleichen Thieres oder derselben Muskeln verschiedener Thierarten möglich macht.

Gleichgewichtskraft.

§. 1764. Die auf den Querschnittsbestimmungen fussenden Berechnungen der Hub- oder Tragkraft enthalten noch eine neue Reihe von Unrichtigkeiten. Weber glaubte zum Ziele zu gelangen, wenn er die Gleichgewichtskraft bestimmte, d. h. diejenige auf die Querschnittseinheit bezogene Belastungsgrösse, welche die natürliche Länge des ruhenden Muskels um eben so viel durch Dehnung vergrössert, als sie das Maximum der Zusammenziehung verkleinert. Gesetzt, ein parallelfaseriger Muskel, der die Last in der Richtung seines Faserverlaufes hebt, besitze den Querschnitt $q = \frac{g}{l s}$, seine Dehnungslänge sei $l + a$ und seine Verkürzungsgrösse a, wenn er mit p belastet ist, so hat man für die Gleichgewichtskraft $k' = \frac{p}{q} = \frac{p l s}{g}$. Weber erhielt auf diese Weise 0,692 Kilogrm. für den Quadratcentimeter mittleren Querschnittes des Hyoglossus. Ich fand 0,747 Kilogrm. für den Hyoglossus, 1,091 Kilogrm. für den Schneidermuskel und 1,801 Kilogrm. für den nur sehr unsicher zu berechnenden Querschnitt von einem Quadratcentimeter Wadenmuskel.

§. 1765. Die an und für sich willkürliche Annahme der Gleichgewichtskraft genügt um so weniger, als eine befriedigende Bestimmung derselben zu den Unmöglichkeiten gehört. Wir haben schon §. 1760 gesehen, dass der Ausgangspunkt der natürlichen Länge keinen sicheren Boden hat und daher nicht bloss sie, sondern auch die Querschnittsberechnung unsicher bleibt. Es gehört zu den Seltenheiten, dass man sogleich eine Beobachtung findet, in der die Verkürzung die Dehnungslänge gerade aufhebt. Hat man ein Präparat mehrere Male mit dem Magnetelektromotor behandelt, ehe die für die Gleichgewichtskraft nöthige Belastungsgrösse getroffen worden,

so war auch die Erregbarkeit des Muskels in dem zum Grunde gelegten Versuche gesunken. Der berechnete Werth der Gleichgewichtskraft entspricht daher nicht dem vollkommenen Zustande. Die höheren Zahlen verdienen deshalb im Allgemeinen mehr Vertrauen als die niederen.

Maximalkraft.

§. 1766. Ich versuchte viele dieser Schwierigkeiten zu umgehen, indem ich die **Maximalkraft** oder diejenige Belastung aufsuchte, bei welcher die Hubhöhe eine kaum merkliche Grösse, z. B. $^1/_{10}$ oder $^1/_{20}$ Mm. beträgt. Die Annahme des Werthes der minimalen Hubhöhe ist rein willkürlich. Hat man sie aber conventionell festgestellt, so erhält man den Vortheil, dass man den Werth der Maximalkraft bei einiger Uebung bald findet. Ist die Hubhöhe zu einer nicht zu beachtenden Grösse herabgesunken, so kann das Gewicht als ein Kraftmaass derselben Muskeln verschiedener Individuen der gleichen Thierspecies oder selbst verwandter Thierarten betrachtet werden, weil man voraussetzen darf, dass die Faserrichtung und die relative Menge der Muskelfasern gleich ausfallen. Legte ich $^1/_{10}$ Mm. oder 0,2 bis 0,3 $^0/_0$ der Dehnungslänge als kleinste Hubhöhe und 1 Grm. Muskelgewicht zum Grunde, so erhielt ich im Frosche 1,09 Kilogrm. für den Hyoglossus, 1,21 Kilogrm. für den Sartorius und 1,12 Kilogrm. für den *Rectus abdominis*. Der Wadenmuskel gab trotz seines ungünstigen Faserlaufes mehr als 1,5 Kilogrm., weil seine Fasern dichter bei einander liegen und ein noch in der Nervenlehre zu erläuternder Nebenumstand begünstigend einwirkt. Führte ich die Werthe auf die mittleren Querschnitte von 1 Quadratcentimeter zurück, so lieferte der Hyoglossus 3,5 Kilogrm. und der Sartorius 3,8 bis 5,6 Kilogrm.

§. 1767. Ad. Fick schlug vor, diese Maximalkraft für die relative Bestimmung der Kräfte der verschiedenen Körpermuskeln zu benutzen. Man suche dabei die grössten Querschnitte, weil dann die Fasern verhältnissmässig am wenigsten von dem Parallelismus abweichen und daher die günstigsten Bedingungen liefern. Da die relative Menge der verkürzungsfähigen und der nicht contractilen Gebilde von Muskel zu Muskel schwankt und der grösste Querschnitt nur ungefähr ermittelt werden kann, so erhält man natürlich nur erste Annäherungsgrössen.

Bestimmung der Nutzwirkung.

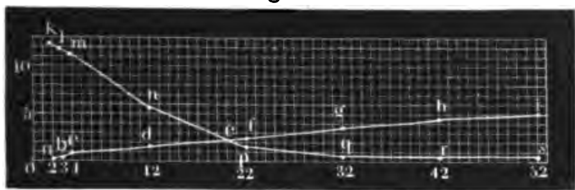
§. 1768. Die **Nutzwirkung** lässt sich von zweierlei Ausgangspunkten bestimmen. Gesetzt, der Muskel hätte die Länge l', wenn alle äussere Belastung mangelt, und das Gewicht p dehne ihn um a' aus, während ihn eine Erregung um a'' verkürzt, so erhält man eine positive Nutzwirkung, wenn $a'' > a$, und eine negative, wenn $a'' < a$ ist, vorausgesetzt, dass man die Länge l', wie sie vor der Beschwerung war, dem Vergleiche zum Grunde legt. Die Gleichgewichtskraft (§. 1760) giebt dann den Nullpunkt oder den Wendepunkt, jenseit dessen die Nutzwirkung aus dem Positiven in das Negative umschlägt. Die gewöhnliche Bestimmungsart der Nutzwirkung, die sich allein nur in vielen Fällen durchführen lässt, geht von der Dehnungslänge $l' + a' = l$ aus. Die Nutzwirkung bleibt daher so lange positiv, als nicht die mit der Erregung verbundene Erweichung eine die Verkürzung übertreffende Dehnung herbeiführt (§. 1756).

Dehnung und Hubhöhe.

§. 1769. Fig. 384 stellt uns eine an dem Hyoglossus eines Frosches gemachte Beobachtung graphisch dar. Die Abscisse 0 bis 52 entspricht den gebrauchten äusseren Belastungen in Grammen, während die Ordinaten

0 bis 13 Millimeter bedeuten. Die Curve *ai* verzeichnet die Dehnungen, welche die entsprechenden Belastungen erzeugten, und *ks* die grössten Hub-

Fig. 384.



höhen, die unter dem Einflusse des Magnetelektromotors und der gleichzeitigen Belastung zum Vorschein kommen. Man sieht, dass sich die beiden Curven zwischen 12 und 22 Grm. Zuggewicht schneiden, d. h. dass die Gleichgewichtskraft zwischen 12 und 22 Grm. in Bezug auf den wirklichen Querschnitt des Muskels lag, wenn wir die Wirkungen der Ermüdung unbeachtet lassen. Nehmen wir den Durchkreuzungspunkt *e* als Nullpunkt, so hatte man zwischen 2 und 12 Grm. eine positive Nutzwirkung, weil die spätere Verkürzung grösser ausfiel als die vorangehende Dehnung. Da das Umgekehrte zwischen 22 und 52 Grm. der Fall war, so erhielt man eine negative Nutzwirkung in Vergleich zur Länge des unbelasteten Muskels.

§. 1770. Trägt der Muskel keine äussere Beschwerung, so ist er mit seinem eigenen Gewichte belastet, während seine Spannkraft der Verkürzung entgegenwirkt. Der Anfangspunkt *k* der Verkürzungscurve *ks* kann daher nie dem Nullpunkte unserer Abscissenachse entsprechen oder die Ordinatenachse berühren. Etwas Aehnliches gilt von dem Endpunkte *s*, wenn wir uns alle Störungen des Zusammenziehungsvermögens, mithin auch die Folgen der Ermüdung und die negative Nutzwirkung hinweg denken. Verkürzt sich der reizbare Muskel nicht mehr in merklicher Weise, sowie die Grenze der Maximalkraft überschritten worden, so fehlt deshalb seine Zusammenziehung nicht. Gehen wir von diesem Gesichtspunkte aus, so bilden die Coordinatenachsen der Gewichte und der Hubhöhen, wie wir sie in Fig. 384 haben, in jedem Falle Asymptoten der Verkürzungscurve *ks*, diese mag beschaffen sein wie sie wolle, d. h. sie ist nie eine gerade Linie und könnte nur eine Hyperbel bilden, wenn sie einem Kegelschnitte entspricht. Ihre Gleichung müsste in jedem Falle, nach einer fehlerhaften Taylor'schen Reihe entwickelt, die Asymptotengleichung geben, wenn man unmittelbar vor den Gliedern mit negativen Exponenten abbricht.

Ausdruck der Nutzwirkung.

§. 1771. Wie *ks*, Fig. 384, zeigt, nehmen die Hubhöhen bei geringeren Belastungen weniger ab, als die Zuggewichte wachsen, während das Umgekehrte bei sehr starken Beschwerungen der Fall ist. Das Maximum des Nutzeffectes liegt an dem Wendepunkte dieser entgegengesetzten Beziehungen der Abscissen und Ordinaten. Gleicht die Belastung p Gewichts- und die Hubhöhe h Längeneinheiten, so drückt man die Nutzwirkung durch ph Gewichts-Längeneinheiten, z. B. Kilogrammen-Meter, Grammen-Centimeter aus. Wir können uns diese Werthe graphisch darstellen, wenn wir uns Rechtecke construiren, deren Basis dem Zuggewichte p und deren

Höhe der Hubhöhe *h* entspricht. Fig. 385 giebt diese Rectangula für die

Fig. 385.



in Fig. 384 dargestellte Versuchsreihe. Man sieht, dass das zwischen 5,2 Mm. und 12 Grm. eingeschlossene Rechteck *e* das grösste von allen ist. Es entspricht einem Nutzeffecte von 6,24 Grammen-Centimeter. *a b*, das zwischen 12,3 Mm. und 2 Grm. liegt, hat nur 2,46, und *i*, das sich zwischen 0,1 Mm. und 52 Grm. befindet, 0,52 Kilogrm.-Centimeter. Das wahre Maximum des Nutzeffectes wird, abgesehen von der Ermüdung, möglicher Weise jenseits von *e*, aber jedenfalls diesseits von *f* gelegen haben.

Maximalwerth.

§. 1772. Es versteht sich von selbst (§. 1755), dass man nicht angeben kann, welcher höchste Werth der Nutzwirkung einer Gewichtseinheit des Muskels eines Thieres entspricht. Die Maximalgrössen, die man in einer Reihe von Versuchen erhalten hat, bleiben hinter den wahren Werthen immer zurück. Meine Beobachtungen ergaben z. B. in dieser Hinsicht, dass 1 Grm. Hyoglossus des Frosches wenigstens 260, und 1 Grm. Gastrocnemius 412 Grm.-Centimeter unter günstigen Nebenbedingungen liefern konnten.

Einfache Muskelfasern.

§. 1773. Vergleichen wir die eben geschilderten Lebenseigenschaften der quergestreiften Muskelfasern mit denen der glatten (§. 1232), so finden wir meist nur quantitative, nicht aber wesentlich durchgreifende Unterschiede. Die glatten Muskelfasern der Mittelhaut des Magens oder des Darmes des Frosches können ebenfalls Zickzackbiegungen bei ihrer elastischen Zurückziehung darbieten (§. 1699). Sie liefern, nach du Bois, Muskelströme, die schwächer als in den quergestreiften Muskelmassen ausfallen. Oertliche Reize, die ihre Masse treffen, oder Erregungen ihrer Bewegungsnerven führen zu Verkürzungen, die bis über $^7/_{10}$ der ursprünglichen Länge steigen können. Die geringere Geschwindigkeit der Wirkung liefert die auffallendsten Unterschiede.

Langsamere Wirkungen.

§. 1774. Haben wir den Bewegungsnerven eines quergestreiften Muskels, z. B. den Hüftnerven des Wadenmuskels gereizt, so folgt die erste merkliche Zusammenziehung desselben so rasch nach, dass wir den Zeitunterschied nur durch feinere Maassinstrumente verfolgen können (§. 1741). Wiederholen wir des Gleiche an dem Sonnengeflecht eines frisch getödteten Säugethieres, so können wir oft die Zeit, nach der die erste deutliche Zusammenziehung des Magens und des Darmes wahrgenommen wird, an der Secundenuhr abzählen. Die Verkürzung des quergestreiften Muskels erreicht rasch ihre grösste Höhe und geht von dieser schnell auf Null herunter, wenn die Erregung eine instantane war (§. 1735) und die Zusammenziehung sie verhältnissmässig lange überdauert. Die einfachen Muskelfasern benehmen sich auch in dieser Hinsicht auffallend träger. Die Zu- und die

Abnahme der Ordinaten ihrer Zusammenziehung fodern mehr Zeit. Es hat daher häufig den Anschein, als verharrten die glatten Muskelfasern lange auf dem Maximum ihrer Verkürzungshöhe.

Bau und Thätigkeit.

§. 1775. Manche Organe besitzen einfache Muskelfasern in einer und quergestreifte in einer anderen Thiergruppe. Die Regenbogenhaut und der Spanner der Aderhaut des Menschen und der Säugethiere haben z. B. glatte Fasern, während quergestreifte Elemente in den gleichen Gebilden der Vögel vorkommen. Wir finden ein anderes Beispiel in der Speiseröhre. Eine rothe Musculatur umhüllt die inneren glatten Fasern in dem oberen Drittheile des menschlichen Oesophagus. Sie reicht bis zur Cardia in vielen Säugethieren, wie dem Rinde, dem Schafe, dem Kaninchen. Die Speiseröhre der Vögel besitzt nur einfache Muskelfasern. Sie ist höchstens mit rothen Muskeln äusserlich verbunden. Der ganze Nahrungscanal der Schleihe (*Tinca chrysites Ag.*) führt, nach Reichert, und der Magen des Schlammpeizgers (*Cobitis fossilis*), nach Budge, quergestreifte Fasern. Diese kehren auch in dem Darme des Flusskrebses und vieler Insecten wieder. Die Verdauungswerkzeuge des Menschen und der meisten Wirbelthiere dagegen besitzen glatte Fasern. Man findet in allen diesen Fällen als Regel, dass die gleichen Organe die Erregungen rascher beantworten und ihre Zusammenziehungen schneller vollenden, wenn sie quergestreifte, als wenn sie einfache Fasern enthalten.

Quantitativer Unterschied.

§. 1776. Wir haben schon §. 186 die allmäligen Verkürzungen, die anhaltenden Einschnürungen und die Wurmbewegungen des Nahrungscanals kennen gelernt. Oertliche Reize, welche die einfachen Muskelmassen treffen, können örtliche oder fortschreitende Formveränderungen zur Folge haben. Alle diese Erscheinungen kehren ihrem Wesen nach in den quergestreiften Fasern wieder. Es wurde schon §. 165 erläutert, wie selbst das scheinbar charakteristische Merkmal der Wurmbewegung an der rothen Musculatur der Speiseröhre auftritt. Da sie aus successiven ungleichen Verkürzungszuständen erzeugt wird, so kann man in gewissem Sinne behaupten, dass jede Thätigkeit einer Muskelfaser nach Art einer Wurmbewegung zu Stande kommt, wenn die Erregung von den Nervenfasern ausgeht, weil sich die Induction von der nächsten Nachbarschaft der letzteren nach und nach weiter fortpflanzt.

§. 1777. Lässt sich auf diese Art das Ganze auf quantitative und zeitliche Unterschiede zurückführen, so lehren manche Erfahrungen, dass günstige Bedingungen die Zeitdifferenzen wesentlich verkleinern können. Ein rother Muskel beantwortet sogleich eine Erregung seines Bewegungsnerven. Man sieht bisweilen das Gleiche am Nahrungscanale, wenn man das Gehirn oder das verlängerte Mark eines frisch getödteten Thieres reizt. Die Quantitäten des Eingriffes und der Erregbarkeit bestimmen die Schnelligkeit des Eintrittes der Folgewirkungen.

Contractile Gebilde.

§. 1778. Da die Faserzellen, in die man die glatten Muskelfasern künstlich zerlegen kann (§. 1232), mit anderen Zellenfasern der Form nach übereinstimmen, so hat man häufig zu forcirten elektrischen Erregungen seine Zuflucht genommen, um die musculöse Beschaffenheit vieler Körpertheile näher nachzuweisen. Man erzeugte mit Hülfe des Magnetelektromotors eine künstliche Gänsehaut, einen Ausathmungsstrom der todten Lungen,

Einschnürungen der Schlagadern, der Blut- und der Saugadern, der Oberfläche der Milz und der Fachgewebe des männlichen Gliedes. Obgleich die Antworten hinter den Erwartungen, zu denen die mikroskopische Untersuchung zu berechtigen schien, häufig zurückblieben, so bekräftigten doch viele Erfahrungen die Möglichkeit der Zusammenziehung. Sie bestätigten, was schon die Musculatur des Nahrungscanales beweisen kann, dass viele Zwischenglieder der Wirkungsbedingungen unbekannt sind und daher die einfachen Fasern scheinbar launenhafter als die quergestreiften arbeiten. Bedenkt man aber, dass auch die Sarcode (§. 1695) ein lebhaftes Verkürzungsvermögen besitzt und viele Theile, wie die Drüsengänge, die glatte Muskelfasern haben, einfache durchsichtige Membranen in ihrem fernern Verlaufe enthalten, so darf man mit Recht vermuthen, dass sich auch diese zusammenziehen können. Die Behauptung, dass ein Drüsengang, der wenig oder gar keine glatte Fasern zeigt, ein unveränderliches Volumen behaupten müsse, lässt sich daher nicht vertheidigen.

Aenderung nach dem Tode.

§. 1779. Die Molecularverhältnisse der glatten Muskelfasern ändern sich nach dem Tode in ähnlicher Weise wie die der quergestreiften. Sie verlieren nach und nach die Fähigkeit, Zickzackbiegungen in Folge ihrer elastischen Zurückziehung zu liefern (§. 1699). Sie verfallen häufig in Todtenstarre (§. 1721) und bieten die Erscheinungen der Kochung (§. 1711) nach der Einwirkung höherer Temperaturen ebenfalls dar.

Selbständigkeit der Irritabilität.

§. 1780. Die Frage, ob die Muskelfasern eine von den Nerven unabhängige Reizbarkeit oder Irritabilität besitzen, oder ob jede Zusammenziehung eine von der Nervenerregung bedingte Inductionswirkung bildet, lässt sich nicht im Allgemeinen definitiv entscheiden. Man hat sich häufig mit unvollkommenen Beweisen begnügt oder aus den Thatsachen mehr, als sie gestatten, zu schliessen gesucht.

Gelänge es, die Verkürzung einzelner Muskelfasern, die aller ihrer Nerven beraubt worden, unter dem Mikroskope zu beobachten, so wäre die Aufgabe zu Gunsten der selbständigen Reizbarkeit definitiv gelöst. Da man aber bis jetzt kein zuverlässiges Merkmal der völligen Abwesenheit aller Nervenelemente besitzt, so ist auch hier ein sicherer Entscheid unmöglich gemacht. Man kann nur behaupten, dass sich Aggregate von Muskelfasern, in denen man keine markigen Fasern sieht, in seltneren Ausnahmsfällen selbständig zusammenziehen.

Hat man einen Bewegungsnerven durchschnitten, so verliert sein peripherischer Abschnitt seine Empfänglichkeit früher als die entsprechenden Muskeln. Diese können noch Wochen lang reizbar bleiben, während die Lebenseigenschaften des peripherischen Nervenstückes nach wenigen Tagen zu Grunde gehen. Beobachtungen der Art beweisen nichts, wenn keine mikroskopische Untersuchung gleichzeitig angestellt wird, weil die Möglichkeit offen bleibt, dass die in der Muskelmasse verlaufenden Primitivfasern ihre Lebenseigenschaften mit grösserer Zähigkeit zurückbehalten. Zieht sich aber auch noch der Muskel zusammen, nachdem selbst die feineren und feinsten markigen Nervenfasern der Entartung verfielen (§. 1322), so zeigt dieses nur, dass die Anwesenheit eines Markinhaltes kein nothwendiges Bedingungsglied der Verkürzung bildet.

Die Embryologie liefert eben so unvollständige Belege. Das Herz

arbeitet schon, ehe ausgebildete Muskel- und entschiedene Nervenfasern bemerkt werden. Das Gleiche kehrt, nach Wagner, für die Skelettmuskeln wieder. Man beurtheilt die Anwesenheit der Nerven nach der Ausbildung ihrer Faserscheiden und ihres Markinhaltes. Der Schluss kann daher nur für die Unabhängigkeit von diesen Gebilden gelten. Da aber die verkürzungsfähige Masse der frühen Embryonalanlagen von den vollendeten Muskelfasern ihrem Baue nach wesentlich abweicht, so gestatten die erwähnten Thatsachen keine allgemeinere Anwendung. Man könnte sich denken, dass die weitere Entwickelung der Muskelfaser eine Masse schafft, die nur durch Nerveninduction zur Verkürzung kommt, während die frühere von dieser Bedingung unabhängig ist.

§. 1781. Die Flimmerhaare (§. 1680) und die Flimmerhäute (§. 1683) enthalten eine Masse, deren Thätigkeit von keinem Nerveneinflusse bestimmt werden kann. Die Selbständigkeit der Irritabilität ergiebt sich daher hier ohne Weiteres. Die quergestreiften Muskelfasern bilden das andere Extrem. Die Nerven sind hier die gewöhnlichen Arbeitserreger. Die automatische Verkürzung ist wahrscheinlich ebenfalls möglich. Man weiss aber nur, dass die Zusammenziehung der ausgebildeten Faser auch ohne Markinhalt der Nerven zu Stande kommen kann. Die glatten Fasern und die der Entwickelung der rothen Muskeln vorangehenden Massen bilden Mittelstufen zwischen diesen beiden Grenzverhältnissen. Die Möglichkeit des Nerveneinflusses ist gegeben. Er stösst dagegen auf andere Bedingungen und oft auf grössere Widerstände als in den entwickelten quergestreiften Verkürzungsgebilden. Wir werden sehen, dass die Beschaffenheit der entfernteren Nervengebilde als wesentlicher Factor mitwirkt.

Wesen der Zusammenziehung.

§. 1782. Führt die Nervenreizung zur Muskelverkürzung, so kann sie mit dem inducirenden Strome und die Zusammenziehung mit der elektrischen oder magnetischen Inductionswirkung verglichen werden (§. 1632). Da diese mit der Grösse der Erregung und der Kleinheit der Entfernung wächst, so lassen sich hiernach die Quantitäten der Muskelwirkung und die Verbreitungsweise der Nerven erklären. Schreitet eine selbständige örtliche Verkürzung nach und nach weiter fort, so darf man sich vorstellen, dass immer ein Querschnitt den gleichen Zustand in seinen Nachbaren erzeugt. Die Verzweigungen und die Anastomosen der Muskelfasern können dabei eine Uebertragung durch Continuität und die Anlagerung eine Vertheilung durch Contiguität möglich machen.

§. 1783. Man sieht gewöhnlich den erschlafften Zustand des Muskels als den natürlichen und den verkürzten als den ungewöhnlichen an. Manche Forscher haben eine entgegengesetzte Auffassungsweise vorgezogen. Der Muskel habe immer das Bestreben der Zusammenziehung. Der anhaltende Einfluss der Nerven wirke wie ein Widerstand, der eine gewisse Verkürzungsgrösse aufhebt. Wird dagegen der Bewegungsnerv erregt, so sinkt sein Einfluss. Die natürliche Verkürzungstendenz der Muskelfasern gewinnt in entsprechendem Maasse die Oberhand.

Die meisten bis jetzt bekannten Thatsachen sprechen gegen diese Vorstellungsweise. Man kann die Todtenstarre als keinen Beweis des Zusammenziehungsbestrebens der lebendigen Muskelfasern ansehen, weil sie einen eigenthümlichen, mit der Reizbarkeit unvereinbaren Molecularzustand vor-

aussetzt. Die vollkommene Lähmung oder Ermüdung der Nerven müsste das Verkürzungsvermögen des Muskels frei geben. Die Erfahrung lehrt aber das Gegentheil. Da diejenigen Massen, deren Zusammenziehung das Nervensystem nicht bestimmen kann, im Ruhezustande erschlafft sind, so folgt, dass jene Hypothese ihren Verhältnissen nicht entspricht.

Tonus.

§. 1784. Was man mit dem Namen des **Tonus** oder der **Tonicität** der Muskeln bezeichnet, umfasst verschiedene Verhältnisse. Der Ernährungszustand der Muskelfasern kann es bedingen, dass sie mit einem grösseren elastischen Verkürzungsbestreben auf ihren passiven Hebel wirken und diese in einer eigenthümlichen Lage erhalten. Man braucht in diesem Falle zu keinem besonderen Nerveneinflusse seine Zuflucht zu nehmen. Wir werden aber später sehen, dass gewisse von den Nerven ausgehende Bedingungen anhaltende Muskelwirkungen mittelbar oder unmittelbar erzeugen können. Soll daher eine Erörterung genügen, so muss sie bestimmen, welche Art von Tonus in einem gegebenen Falle vorliegt.

Active und passive Bewegungsorgane.

§. 1785. Die automatische Zusammenziehung macht die Muskeln zu Bewegungserregern oder **activen Bewegungswerkzeugen**, deren Impulsen die mit ihnen verbundenen **passiven Bewegungsorgane** folgen müssen. Wir haben hierbei zweierlei Haupttypen von Veränderungen. Der eine beruht auf dem Principe der Verdrängungswirkung des Druckes und der andere auf dem der Hebelbewegung des Zuges. Beide verbinden sich häufig zu einer einzigen in die Augen fallenden Resultante.

Druckwirkungen.

§. 1786. Ist der nachgiebige Cylinder *abcd*, Fig. 386, von einer ihrer Länge nach verkürzungsfähigen Schraubenfaser *ef* umschlungen, so wird die Längenabnahme desselben den Rauminhalt des Cylinders beschränken. Zieht sich die ganze Spirale auf einmal gleichartig zusammen, so greift der Volumenwechsel überall gleichförmig durch. Wir erhalten eine Verkürzung und eine Verengerung, wie wir sie z. B. nach heftigen elektrischen Erregungen an der ausgeschnittenen Speiseröhre wahrnehmen. Schreiten die Verkürzungsmaxima successiv fort, so haben wir eine Wurmbewegung (§. 164). Denken wir uns Spirale und Cylinder auf unendlich kleine Höhen zurückgeführt, so bekommen wir die Einschnürung der Ringmuskeln oder der Sphinkteren. Viele von diesen (*Orbicularis palpebrarum*, *bc*, Fig. 9 S. 43, *Orbicularis oris*, *k*, Fig. 9, *Sphincter ani*, *a*, Fig. 28 S. 62, *Constrictor cunni*, *e*, Fig. 28) entsprechen nicht vollständigen Ringen. Sie bilden vielmehr paarige Systeme von Halbringen, deren Endpunkte relativ befestigt sind. Stellt man sich endlich vor, die unendlich schmalen und unendlich nahen Spiralwindungen seien zu einem Faden *ad* reducirt, so kann die Verbreiterung, welche die Verkürzung begleitet, einen Seitendruck ausüben. Die Muskeln wirken auf diese Art auf die Saugadern (§. 377) und die Blutgefässe (§. 563) und drängen einen Theil der Ernährungsflüssigkeit des Perimysium nach anderen Orten.

Fig. 386.

Hebel.

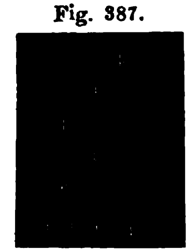
§. 1787. Die meisten nicht musculösen Gewebe können Hebel verkürzbarer Körpertheile bilden. Die Muskelfasern setzen sich in der Regel an zellgewebige Massen, wie die Sehnen, die Aponeurosen, die Knorpelhaut, die Beinhaut oder das Unterhautgewebe. Der hohe Elasticitätscoëfficient der meisten dieser Gebilde lässt sie beinahe wie starre Hebel wirken,

so dass sich der Zug der Muskelfasern auf andere mit ihnen zusammenhängende Organe unversehrt überträgt. Weichtheile, wie die Haut und viele Schleimhäute oder härtere Gebilde, z. B. Knorpel und Knochen, werden auf diese Weise von Muskeln mittelbar beherrscht.

Knochen

§. 1788. Hat verdünnte Salzsäure den kohlensauren und phosphorsauren Kalk und Talk und die geringen Mengen anderer Aschenverbindungen aus einem Knochen ausgezogen, so bleibt nur ungefähr $1/3$ der früheren Gewichtsmenge als weicherer und elastischer Knochenknorpel zurück (§. 1198). Die Natur erzeugt daher die festesten und stabilsten Hebel unseres Körpers, indem sie die veränderlichen organischen Gewebe mit einer reichlichen Menge von Erdsalzen verbindet. Die Knochen dehnen sich auch, nach Wertheim, gleich den Hölzern und den meisten Metallen, den Belastungen proportional aus. Verzeichnet man die Zuggewichte als Abscissen ab, ac, ad und die entsprechenden Dehnungslängen als die Ordinaten be, cf, dg, so bildet die Elasticitätslinie ag eine Gerade, weil $ab : be = ac : cf = ad : dg$ ist. Die frischen Weichgebilde liefern eine Curve $ahik$, die nicht immer eine Hyperbel ist. Hat man sie ausgetrocknet, so nähert sich auch ihre Elasticitätslinie der geraden Richtung.

Fig. 387.



Cohäsion der Knochen.

§. 1789. Die Cohäsionsgrösse der Knochen scheint innerhalb bedeutender Grenzen schwanken zu können. Wertheim giebt an, dass ein Knochen nur 4,3 bis 15,0 Kilogrm. Belastung für jeden Quadratmillimeter Querschnitt zur Zerreissung fodert. Bevan dagegen bestimmte 25,1 bis 75,8 Kilogrm. für den gleichen Werth des Festigkeitsmodulus. Coconfäden, die aus 8 bis 10 mikroskopischen Fäden bestanden, hatten 28, eine seidene Schnur 42,5, Sehnen, elastisches Gewebe und Knorpel 2,3 bis 10,4 Kilogrm., die Haare 9,9, die Muskeln, die Arterien, die Venen und die Nerven dagegen nur 0,1 bis 1,0 Kilogrm.

Eigenschwere der Knochen.

§. 1790. Der reichliche Gehalt an Kalksalzen erhöht das specifische Gewicht der Knochen in bedeutendem Maasse. Die Eigenschwere des kohlensauren Kalkes beträgt 2,72, die des phosphorsauren 3,18 und die des Knorpels 1,1. Enthielte der Knochen $1/3$ Knorpel, $1/10$ kohlensauren und $19/30$ phosphorsauren Kalk, so müsste seine Eigenschwere 2,44 betragen. Die Gase und Dämpfe, das Fett, die Häute und Blutgefässe, die jeder Knochen führt, erleichtern sein specifisches Gewicht. Gereinigte Knochenstreifen, die vorzugsweise aus dichter Knochenmasse bestehen, liefern immer noch 2,0 und frische mit der Beinhaut und dem Marke versehene Knochen 1,2 bis 1,5.

Höhlensystem der Knochen.

§. 1791. Die Höhlenbildung, deren sich die Natur zur Erleichterung des Knochengewichtes bedient, führt noch zu einer Reihe anderer Vortheile, als der Verkleinerung der Eigenschwere. Der durch die Markräume und die Markcanälchen aufgetriebene Knochen erhält grössere Dimensionen und ausgedehntere Oberflächen. Die Skeletttheile können daher verhältnissmässig weitere Hohlräume umspannen und eine bedeutendere Summe von Gewebetheilen beschützen, längere Hebelarme liefern und grössere Oberflächen den Ansätzen der Sehnen, der sehnigten Häute und der Bänder dar-

bieten. Wie die zweckmässige Vertheilung einer passenden Höhlenbildung die Herstellung geeigneter Formen möglich macht, so kann sie auch den Schwerpunkt des gesammten Knochens nach dem den Bewegungszwecken günstigsten Orte verlegen und vortheilhaftere Bedingungen der relativen und der rückwirkenden Festigkeit erzeugen, als bei einer gleichartigeren Masse möglich wäre.

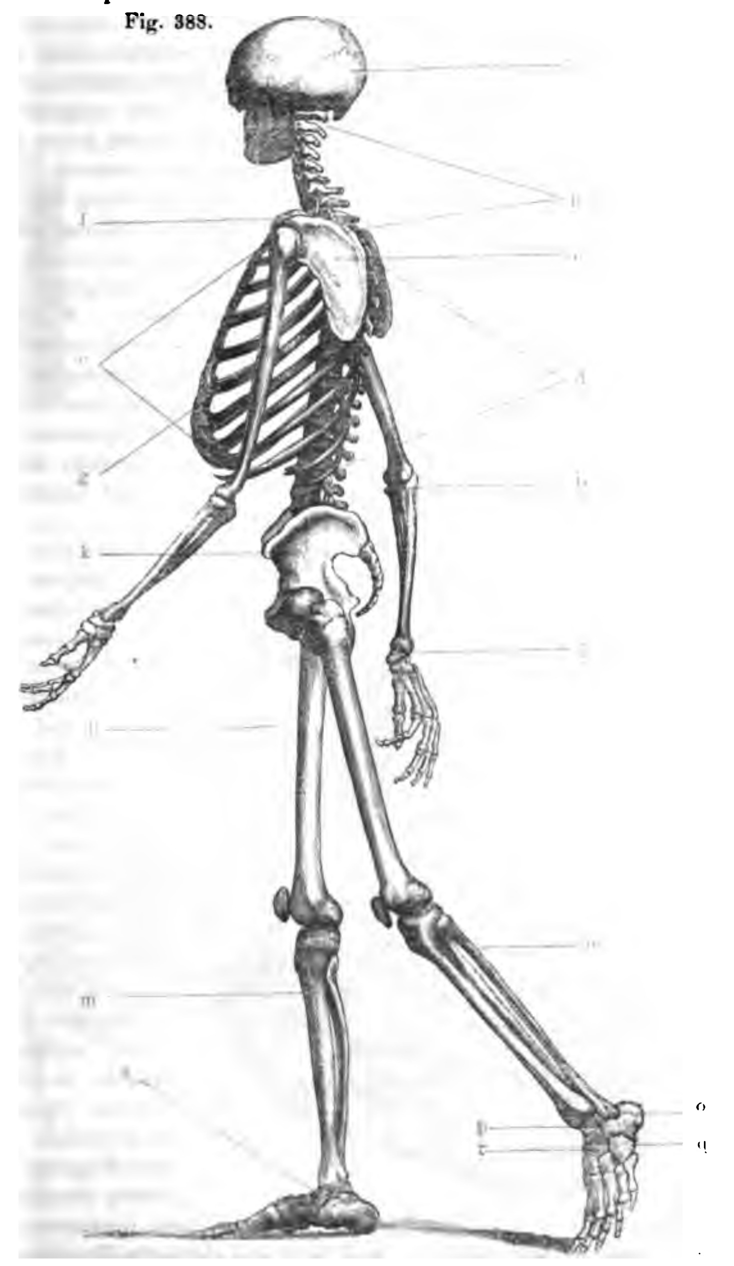
§. 1792. Die Unregelmässigkeit der grösseren Markräume, die ungleichartigen Durchmesser und der verschiedene Verlauf der feineren Knochencanäle (Taf. III. Fig. XLVI.), der Knochenkörperchen und der Strahlen derselben (Taf. III. Fig. XLVII. *e*; Fig. XLVIII. *e*) machen es unmöglich, das Gesammtvolumen der Hohlräume eines Knochens zu bestimmen. Nennt man die Eigenschwere des frischen, äusserlich gereinigten Knochens s und die Resultante der Eigenschwere der sämmtlichen Inhaltsmassen aller Hohlräume s', während das specifische Gewicht der gepulverten, von allen fremden Bestandtheilen gereinigten, und in demselben Zustande, wie der ursprüngliche Knochen befindlichen Knochenmasse s'' ist, so hat man $v'' : v' = s - s' : s'' - s$, wenn v'' das Volumen der Knochenmasse und v' das Gesammtvolumen der Hohlräume bezeichnet. Diese Bestimmung lässt sich natürlich nicht auf den frischen Knochen mit grossen Markhöhlen und verschiedenartigen Inhaltsgebilden anwenden. Hätten wir aber ein getrocknetes Stück Rindensubstanz, in dem die Markcanäle, die Knochenkörperchen und die Strahlen derselben mit Luft gefüllt sind, wäre daher $s' = 0{,}0013$ und z. B. $s = 1{,}5$ und s'' 2,0, so müsste die Gesammtsumme jener mit Luft führenden Hohlräume $^1/_3$ des Volumens der Knochenmasse einnehmen.

Bestimmung der Skelettheile.

§. 1793. Der grössere Widerstand, den die Skeletttheile darbieten, wird in dreierlei Hauptrichtungen ausgebeutet. Sie beschützen eine gewisse Menge von Weichgebilden als harte Kapseln. Sie bilden feste Postamente, auf denen die Lasten anderer Körpergewebe und äusserer Beschwerungen ruhen können. Sie liefern starre Hebel, die dem Muskelzuge gehorchen. Die meisten Knochen, welche die Rolle von Schutzkapseln haben, wie der Schädel (*a*, Fig. 388), die Gesichtsknochen, der Unterkiefer, die Rippen, das Brustbein (*c*), die Beckenknochen (*k*) sind platt, die übrigen dagegen cylindrisch. Ein längerer Cylinder ist gleichsam in eine Menge kurzer Klotzstücke in der Wirbelsäule (*b d*) zerschnitten. Das Ganze gewinnt hierdurch an Beweglichkeit, ohne an Tragkraft zu verlieren. Wir können auch die Extremitäten als getheilte Säulen betrachten, deren Trennungen den durch die Weichgebilde möglich gemachten Bewegungen entsprechen. Es versteht sich von selbst, dass jeder Knochen eben so gut als irgend ein anderer Theil unseres Körpers ein mechanisches Problem bildet. Eine genauere Betrachtung wird immer lehren, dass die Verhältnisse der absoluten und der rückwirkenden Festigkeit oder der Cohäsion und der Tragkraft, die Gestalt und die Verbindungsweise den Zwecken in hohem Grade entsprechen. Diese mechanischen Nebenverhältnisse und nicht bloss der relative Gehalt an Aschenbestandtheilen können erst entscheiden, ob sich ein Knochen unter der ihm aufgebürdeten Last krümmt und mit welchem Erfolge er den ihn treffenden Stössen Widerstand leistet. Der Schenkelhals sehr alter Leute bricht häufig nicht bloss seines grösseren Aschengehaltes wegen,

sondern auch in Folge der ungünstigeren mechanischen Bedingungen, welche die Metamorphose des Skelettes in höheren Jahren nach sich zieht.

Fig. 388.



Der gleiche Grad von Knochenerweichung verkrümmt das Skelett des Erwachsenen stärker als das des Kindes, wenn relativ grössere Belastungen und kräftigere Muskelzüge auf die Skelettmassen wirken.

Knochenverbindungen.

§. 1794. Die mannigfachen Skeletttheile liefern die verschiedensten Verbindungsarten, von der festen Einkeilung (*Gomphosis*) der Zähne bis zu dem freien Gelenk (*Athrodia*) des Oberarmes mit dem Schulterblatt. Grössere Kapseln oder ihnen ähnliche Gebilde bestehen nicht aus einem Stücke, sondern enthalten Lücken, die von weicheren elastischen, je nach den Verhältnissen schmäleren oder breiteren Massen ausgefüllt werden. Diese bilden daher Verbesserungsmittel des Widerstandes gegen Druck und Stoss. Sie gestatten eine gewisse Verschiebung unter äusseren Druck- oder Zugwirkungen und führen die Theile nach dem Aufhören der Spannung durch die elastische Reactionswirkung in ihre frühere Stellung zurück. Wir haben auf diese Weise die verschiedenen Nähte (*Suturae squamosa*, *serrata* und *limbosa*) der Schädelknochen (Fig. 8 S. 42), die Anfügung (*Harmonia*) der Nasenbeine, die Symphysen und die Synchondrosen. Viele Knochenstücke, wie die Rippen, die Darmbeine, die Hand- und Fusswurzelknochen und die meisten durch straffere Verbindungsstücke zusammengehaltenen Skeletttheile überhaupt, spannen ihre beiderseitigen nachgiebigen Nachbarmassen bei ihrer Verrückung. Sie setzen daher einen verhältnissmässig grösseren elastischen Widerstand der Ortsveränderung entgegen, während die elastische Reaction die Theile mit grösserer Kraft und Geschwindigkeit nach dem Aufhören des Zuges zurückbringt.

Fig. 389 kann erläutern, wie solche elastische Schaltstücke gleich Federn wirken und eine gelenkähnliche Beweglichkeit möglich machen. *a* ist der senkrechte Durchschnitt des vierten und *b* der des fünften Lendenwirbels eines erwachsenen Mannes. Das Zwischenwirbelband *f k* besteht aus dem elastischen, seitlich drückenden Kern *h* und den elastischen Faserzügen *f g* und *i k*. Tragen die Lendenwirbel die über ihnen senkrecht aufgeschichteten Theile, so sind die Faserzüge *f g* stärker als *i k* gespannt. Eine weitere Biegung nach vorn würde ihre Tension vermindern und die von *i k* vergrössern. Das Aufhören derselben müsste die frühere Stellung zurückführen, weil dann die elastische Reaction frei wird. Die Wirbelsäule bildet auf diese Art einen elastischen biegsamen Stab, der sich an dem Halstheile verhältnissmässig am stärksten und an dem Brusttheile weniger als an dem Lendentheile einknicken kann.

Fig. 389.



§. 1795. Sind die Knochen gelenkig und nicht bloss verschiebbar zusammengefügt, d. h. befindet sich ein mit Synovia (§. 867) gefüllter Zwischenraum zwischen ihnen, so gebraucht die Natur ein Befestigungsmittel, dessen wir uns in unseren künstlichen Vorrichtungen nicht bedienen können. Soll die dichte Kugel *d*, Fig. 390, in der Nähe der Aushöhlungsfläche *abc* drehbar befestigt werden, so müssen wir sie durch einen Stift oder einen anderen Körper aufhängen, der sich unter dem Gewichte der Kugel nicht bedeutend ausdehnt, viel weniger zerreisst. Wir finden dagegen in den Gelenken, dass der äussere Luftdruck benutzt wird, um an starren Aufhängemassen zu sparen. Befindet sich ein hermetisch geschlossener luftleerer oder mit einer incompressiblen Flüssigkeit gefüllter Raum zwischen *abc* und *akc*, so drückt die äussere Luft mit einem ihrer Höhe entsprechenden Drucke *eb* auf *abc* und mit *fgh* auf *akc*. Beide werden daher mit dem entsprechenden Flächendrucke (§. 456) zusammengepresst. Man hat hier den gleichen Fall, wie bei den Guericke'schen Halbkugeln, aus deren Inneren die Luft ausgepumpt worden und die eine grössere Menge von Pferdekräften nicht von einander reisst.

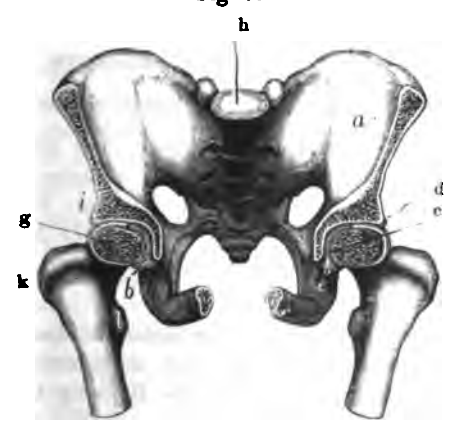
Wirkung des Luftdruckes auf die Gelenke.

Fig. 390.



W. und Ed. Weber haben zuerst die Versuche angegeben, welche diese Art der Zusammenfügung der Gelenke näher erläutern. Fig. 391 zeigt die durch einen passenden Längenschnitt blossgelegten Hüftgelenke *bcd* und *bgi*. Man sieht, wie die Pfanne (*c* und *b*) von der Beckenwand begrenzt wird. Hat man alle Oberschenkelmuskeln rings um das Hüftgelenk durchschnitten, so bleibt dessenungeachtet das Bein am Becken in der natürlichen Höhe hängen. Bohrt man dagegen ein Loch von der Beckenhöhle aus in das Pfannengelenk *cd*, so hört man wie die Luft pfeifend einstürzt und sieht, dass der Schenkel gleichzeitig herabsinkt. Drückt man den Kopf in die Pfanne und hält die Oeffnung zu, so bleibt der Schenkelkopf hängen. Richtet man sich das Ganze so vor, wie es Fig. 391 zeigt, und schliesst das herabhängende Schenkelstück in einem Behälter, der eine Luftverdünnung gestattet, ein, so sinkt es herunter, sowie man die Atmosphäre auspumpt. Man kann das tönende Einstürzen der Luft an den anderen Gelenken nach Verletzungen hören. Der Luftdruck trägt daher die Last der Skelettheile, die sonst den Muskeln, den Bändern, den Gelenkhäuten und anderen Verbindungsstücken übergeben wäre. Diese können, was die Hauptsache ist,

Fig. 391.



weicher und dehnbarer gemacht werden, ohne dass die dichte Zusammenfügung beeinträchtigt wird.

§. 1796. Der Atmosphärendruck entlastet auf diese Weise die Arbeit der Muskeln. Fehlte er, so müssten die Verkürzungsgebilde die meisten Gelenke zusammenhalten, weil das Gewicht der Belastungsstücke die Gelenkhäute und die ihnen ähnlichen Theile dehnen würde. Dieser richtige Schluss hat häufig zu einer irrigen Folgerung geführt. Da der Atmosphärendruck mit der senkrechten Entfernung vom Meeresspiegel abnimmt, so sollte die auffallende Müdigkeit von Reisenden, die hohe Berge besteigen, davon herrühren, dass der Druck der Atmosphäre nicht mehr hinreicht, der Entlastung Genüge zu leisten. Die Muskeln müssten daher einen Theil der Beschwerung übernehmen. Die Thatsache, dass jene Ermüdung häufig mangelt, dass Menschen, die längere Zeit in grossen Höhen leben, keine Beschwerden spüren, spricht schon unmittelbar gegen diese Vorstellung. Eine einfache Berechnung kann sie leicht widerlegen.

Der Flächendruck (§. 456) d gleicht dem Gewichte der drückenden Flüssigkeitssäule oder dem Producte der gedrückten Fläche f in die Druckhöhe h, also $d = fh$. Haben wir f in Quadratcentimetern und den Barometerstand b in Centimetern Quecksilber, während die auf das Wasser bezogene Eigenschwere des Quecksilbers s ist, so erhalten wir $d = fbs$. Lassen wir alle feineren Nebencorrectionen unbeachtet und setzen $s =$ 13,598, so wird $d =$ 13,598 b Grm. für jeden Quadratcentimeter Druckfläche. Man erhält 1033,5 Grm. für 760 Mm. Barometer.

Das Hüftgelenk, an dem der Oberschenkel frei hängt, hat die grösste Beschwerung unter allen Körpergelenken auszuhalten. Wir können das Gewicht des Oberschenkels eines erwachsenen kräftigen Mannes zu 8,4 Kilogrm. und die Druckfläche zu 18,1 Quadratcentimeter annehmen. Da $b = \frac{d}{fs}$ ist, so könnte der Barometerdruck auf 341,4 Millimeter sinken, ehe die durch die Atmosphäre bedingte Entlastung Null würde. Die diesem Barometerstande entsprechende Höhe ist 6989,9 Meter. Die grössten Höhen, zu denen man in den Cordilleren und dem Himalaya gelangte, liegen zwischen 5832 und 6028 Meter. Gay-Lussac erreichte nur 6979 Meter bei seiner zu physikalischen Zwecken vorgenommenen Ascension im Luftballon.

Gelenkschmiere.

§. 1797. Werden auch die überknorpelten Knochenflächen in den Gelenken möglichst eng zusammengedrückt, so befindet sich doch zwischen ihnen eine dünne Schicht von Synovia. Diese setzt die Reibung herab (§. 867) und weicht zugleich nach den Räumen, die bei einer Stellungsveränderung der Theile frei werden, aus. Sie verhütet auf diese Weise, dass der äussere Luftdruck Stücke der Synovialhaut einklemmt. Da die Grösse des Reibungswiderstandes nur von dem Drucke, nicht aber von der Flächenausdehnung und der Bewegungsgeschwindigkeit abhängt, so wird er in unseren Gelenken nur von der Kraft, mit der die Gelenke zusammenhalten, und der Grösse, mit der sie der Muskelzug zusammenzupressen sucht, bestimmt werden.

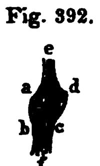
§. 1798. Man hat es noch nicht versucht, die Krümmungsflächen, welche die verschiedenen Gelenkoberflächen darbieten, mathematisch zu verfolgen. Selbst diejenigen, welche Bruchstücke von Kugel- oder Cylinderflächen darzustellen scheinen, liefern einzelne Abweichungen bei genauerer Prüfung. Die senkrechten Durchschnitte zeigen bald Begrenzungslinien von einfacher und bald von doppelter Krümmung. Die einander gegenüberstehenden Gelenkflächen werden nicht immer nur durch Synovia geschieden. Elastische Faserscheiben oder Menisci sind in einzelnen Gelenken, z. B. in denen des Unterkiefers, des Schlüsselbeines und des Brustbeines, des unteren Endes des Ulna und des Radius, und in dem Kniegelenke eingeschoben.

Zwischenstücke der Gelenke.

§. 1799. Bänder beschränken immer die Bewegungsgrösse der Gelenke. Das in Fig. 392 gezeichnete Schema kann uns den einfachsten und häufigsten Fall klar machen. Die Bänder *ab* und *cd* umspannen die beiderseitigen Knochen, deren Gelenkflächen nahe zusammenliegen. Dreht sich *bc* so, dass *b* nach *a* hinrückt, so wird die tiefere Stellung von *c* das Band *cd* spannen und die höhere von *b* das Band *ab* erschlaffen. Es hängt daher von der möglichen Dehnung von *cd* und der zur Drehung gebrauchten Gewalt ab, in welchem Maasse *bc* gedreht werden kann, ohne dass *cd* reisst. Findet dieses Statt, so kann die Verrenkung eine regelwidrige Excursionsweite und eine krankhafte Stellung des Knochens bedingen. Die straffen Gelenke (*Amphiarthrosis*) und die freieren Gelenkformen (*Arthrodia* und *Enarthrosis*) unterscheiden sich nur hauptsächlich durch den Spannungsgrad, welchen die Hemmungsbänder gestatten.

Hemmung durch Bänder.

Fig. 392.



Denken wir uns, *ab* und *cd*, Fig. 392, seien so schmal, dass sie sich auf die vordere und die hintere Fläche nicht erstrecken, hingegen straff genug, um jede Drehung um eine zur Ebene des Papieres senkrechte Achse zu verhindern, so wird eine einseitige Drehung von vorn nach hinten möglich bleiben. Man erhält auf diese Art ein Charniergelenk (*Ginglymus*), wie wir es z. B. am Ellenbogen sehen. Das Kniegelenk bildet nur ein bedingtes Gewerbegelenk. Die Seitenbänder desselben werden bei dem Stehen so gespannt, dass sie die übermässige Streckung hindern. Der gebrochene Hebel der unteren Extremität wird auf diese Art zu einer nicht einknickenden Säule, auf der die Körperlast ruhen kann. Ist dagegen das Kniegelenk gebeugt, so verliert es jenen Charakter eines einseitigen Charniers. Das äussere Seitenband erschlafft dann in stärkerem Maasse als das innere, so dass wir auch den Unterschenkel weiter nach aussen als nach innen drehen können.

§. 1800. Die Hemmung vieler Gelenkbewegungen ist schon häufig durch die Knochenformen gegeben. Man findet ausnahmsweise, dass sie besondere Sperrhaken liefern. Der Knorren (*Olecranon*) des Ellenbogenbeines legt sich auf diese Weise an die Rolle des Oberarmknochens und hemmt hierdurch die übermässige Streckung. Die Vorsprünge benachbarter Knochen, die Synovialhäute, die Menisci, die umgebenden Muskeln verkleinern häufig genug die möglichen Excursionsgrössen der Gelenkverbindungen. Da nicht bloss die Synovia, sondern auch die Fettbänder zur Ausfüllung der

Andere Hemmungsmittel.

neu entstehenden Räume benutzt werden, so können auch sie zur Einengung der Bewegungsgrenzen gebraucht werden. Krankhafte Producte, wie die Ablagerungen harnsaurer Salze gichtischer Personen, die faserigen oder knorpeligen Massen der Gelenkmäuse, Verwachsungen, Exostosen werden die Beweglichkeit beschränken und eine regelwidrige Dehnung der Gelenkbänder dieselbe vergrössern. Kleine Kinder und Menschen, die ohne Arme geboren werden, können daher die Zehen an die Lippen führen. Die Zerstörung der elastischen Zwischenlagen der Knorpel, der Menisci oder der Fettschichten, Rauhigkeiten der Gelenkflächen oder feste der Synovia beigemengte Gebilde erschweren die Beweglichkeit durch Erhöhung des Reibungswiderstandes.

Elastische Nachwirkung.

§. 1801. Die elastische Nachwirkung der organischen Theile kann sich auch für die Synchondrosen und die Gelenke geltend machen. Haben ihre elastischen Hemmungsapparate starke Spannungen erlitten, so arbeitet die Reaction mit einer allmälig abnehmenden Geschwindigkeit. Die vollständige Rückkehr in den früheren Zustand fordert daher eine merkliche Zeitgrösse. Die Körperlänge eines jeden Menschen wächst daher jede Nacht im Bette und nimmt am Tage bei dem Sitzen, Stehen oder Gehen ab. Hat die anhaltende aufrechte Stellung den Fuss platter gemacht, so dauert es oft Stunden lang, ehe ihn eine günstigere Lage zu seiner früheren Gestalt zurückführt.

Winkelbewegungen der Gelenke.

§. 1802. Betrachten wir die gewöhnlichen maximalen Winkelbewegungen, welche die einzelnen Hauptabschnitte unseres Körpers gestatten, so kann sich der Kopf mit seinen Hinterhauptcondylen um ungefähr 45° nach vorn beugen und um ebèn so viel nach jeder Seite drehen. Da die Bewegungen des lebenden Menschen die Thätigkeit des obersten Theiles der Halswirbelsäule gleichzeitig zu Hülfe ziehen, so wird der Kopf um ungefähr 67° nach vorn gebeugt, um 105° nach hinten gestreckt und um 80° nach jeder Seite gewendet. Der ganze Körper biegt sich, nach Krause, im Maximum um 190° nach vorn, um 140° nach hinten und um 180° nach jeder Seite. Der Kopf liefert bei der Beugung 75°, die Wirbelsäule 25°, die Hüftgelenke 70° und die Fussgelenke 20°. Die Seitendrehung hat 78° für Kopf und Hals, 30° für den Brust- und den Lendentheil der Wirbelsäule, 60° für die Hüftgelenke und 12° für das Kniegelenk derjenigen Seite, von welcher die Drehungsrichtung ausgeht.

Wir können den Oberarm in einem Kegel, dessen Spitze im Schultergelenke liegt, herumdrehen, um 200° heben, um 60° nach rückwärts ziehen und um 250° von hinten nach vorn pendelartig schwingen lassen. Die grösstmögliche Beugung und Streckung des Vorderarmes beträgt 140° und die Pronation und die Supination von Ulna und Radius 90°. Die Hand wird um ungefähr 140° gebeugt und gestreckt, um 80° gegen die Rückenseite des Vorderarmes gewendet, um 40° angezogen und um eben so viel oder in geringerem Maasse abgezogen. Der Daumen geht um 90° bis 120° nach aussen. Er beugt sich um etwas mehr als 90° in seinem ersten und um 110° in seinem zweiten Gelenke. Die ersten und die dritten Gelenke der übrigen Finger geben nahebei 90° und die zweiten 120°. Dreht man die ganze obere Extremität, so kann man 420° oder mehr als einen Kreis beschreiben.

Das Hüftgelenk des lebenden Menschen gestattet eine nach vorn gerichtete Beugung von 145°, eine nach hinten gewendete Streckung von 45°, eine Anziehung oder Abziehung von 45° bis 50° und eine Drehung von etwas mehr als 180°. Die grösste Biegung des Kniegelenkes beträgt nur 130° bis 170°, weil die Muskeln der Hinterseiten des Ober- und des Unterschenkels die Excursion beschränken. Der Unterschenkel liefert 15° bei der stärksten Wendung nach innen und 20° bei der nach aussen. Der Fuss beschreibt einen Bogen von 72° bei dem Maximum der Beugung und der in grösserer Ausdehnung gestatteten Streckung. Die Drehbewegungen des Fusses schwanken zwischen 40° und 50°.

§. 1803. Die Sehnen tragen die Zugwirkungen der Muskeln auf andere passive Hebel, vorzüglich die Knochen, über. Sie bilden Leitungssäulen von geringerem Querschnitt. Diese beiden Momente parallelisiren sie mit den Stricken anderer mechanischer Vorrichtungen. Die Sehnenfäden *cd*, Fig. 393, die einer Muskelfaser *a* entsprechen und das untere abgestumpfte Ende derselben (*b*) allseitig zu umfassen pflegen, sind in geringerer Menge als die Muskelfäden vorhanden. Sie liegen auch wahrscheinlich an und für sich dichter zusammengedrängt. Bildet aber eine Sehne ein schmaleres Leitungsseil, so können die Wirkungen umfangreicherer Muskelmassen durch engere Raumbezirke nach entfernteren Hebeln fortgepflanzt werden. Die schmalen Finger gehorchen z. B. auf diese Weise den dickeren Muskeln des Vorderarmes, mit denen sie zu einem Systeme sehnigt verbunden sind. Soll diese Einrichtung keinen Verlust an Zugkraft zur Folge haben, so müssen die Sehnen als vollkommen starre Verbindungsstücke wirken. Ihre grosse Festigkeit befähigt sie hierzu in den meisten Fällen. Die Natur zieht aber häufig noch ein anderes nahe liegendes Mittel zu Hülfe. Sie schaltet ein Knochenstück im Verlaufe der Sehnen ein und nimmt daher zwei kürzere Zugstücke statt eines einzigen längeren. Die Kniescheibe, die zugleich das Kniegelenk vorn beschützt, gehört zu dieser Art von Zwischenstücken.

Sehnen.

Fig. 393.

b

§. 1804. Die schmalen Sehnen machen es möglich, dass eine relativ kleine Knochenfläche den mittelbaren Ursprungs- oder Endpunkt eines grossen Muskels bilden kann. Unser Körper würde zu einer unförmlichen Masse werden oder weit weniger Muskeln enthalten können, wenn ihm die Sehnen mangelten. Ist das Bedürfniss dieser Raumersparung nicht vorhanden, so heften sich die Muskeln an Aponeurosen oder an andere zellgewebige Häute, die sie wiederum bindenartig zusammenhalten und einen gewissen Widerstand ihrer Querschnittsvergrösserung oder ihrer Zusammenziehung entgegensetzen. Ein auf diese Weise eingeschlossener Muskel wird bei seiner Verkürzung die inneren Nebengebilde mit verhältnissmässig grösserer Kraft zusammendrücken, auf die jenseit der Aponeurose befindlichen Theile dagegen schwächer wirken. Dieses erklärt z. B., weshalb die Blutaderknoten an den Hautvenen, nicht aber an den tieferen Venen vorzukommen pflegen.

§. 1805. Die Natur verbindet häufig die Verschmälerung und die Verbreiterung, wenn es die Oertlichkeit gestattet. Eine Sehne *a*, Fig. 394, erhält einen grösseren Querschnitt in der Nähe ihrer Ansatzstelle *cd*, oder geht geradezu in eine aponeurotische Ausbreitung über. Diese Combination gewährt den Vortheil, dass ein schmälerer Zwischenweg und eine grössere Hebelfläche mit allen ihren günstigen Folgen gleichzeitig hergestellt werden.

Fig. 394.

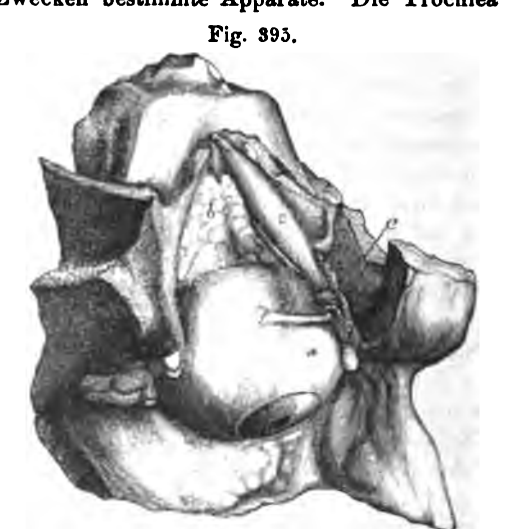
a

c e b f d

Rollen.

§. 1806. Die Flüssigkeit der Sehnenscheiden (§. 812) verkleinert die gleitende Reibung. Sie bildet ein passendes Schmiermittel, wie die Synovia der Gelenke (§. 867). Wir begegnen ausserdem noch vielen anderen Einrichtungen, die wir auch häufig genug in unseren mechanischen Apparaten mit Vortheil zu Hülfe ziehen. Wie wir die Richtung der Zugseile durch Ringe oder Rollen ändern, so besitzt auch unser Körper verschiedenartige zu den gleichen Zwecken bestimmte Apparate. Die Trochlea der Augenhöhle *e*, Fig. 395, bildet einen Ring, durch den die Sehne des oberen schiefen Augenmuskels (*Obliquus superior*) *c* geht, um sich dann nach hinten umzubeugen und in *f* an den Augapfel *a* aponeurotisch anzusetzen. Verkürzt sich der Muskel *c*, so dreht er unter diesen Verhältnissen den Augapfel in der Richtung *fa*, während er ihn ohne die Rolle von *a* nach *c* gewendet hätte. Es kommt häufig vor, dass benachbarte Gewebtheile nach Art unserer Rollen benutzt werden. Das Fett *b* der Augenhöhle dient auf diese Weise für die geraden Augenmuskeln. Die Schleimbeutel und die Nebenbeutel der Gelenkhöhlen (*a*, Fig. 191 S. 272) erfüllen denselben Zweck in vielen anderen Fällen.

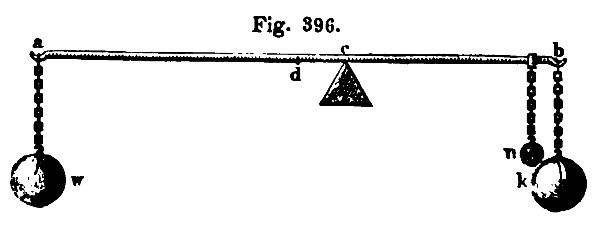
Fig. 395.



Hebelwirkung.

§. 1807. Wir können einen jeden materiellen Hebel auf einen gewichtslosen oder mathematischen Hebel zurückführen, wenn wir uns eine seinem Gewichte entsprechende Belastung in seinem Schwerpunkte aufgehängt denken. Gesetzt, *ab*, Fig. 396, sei ein solcher in *c* unterstützter Hebel.

Fig. 396.



dessen Schwerpunkt in d fällt, so gestalten sich die Verhältnisse, als ob hier der mathematische Hebel ab eine senkrecht wirkende Belastung, deren Grösse dem Gewichte des Ganzen gleicht, tragen müsste. Hat man die Lage des Schwerpunktes oder des Ortes, in dem man sich die Gravitationswirkung aller Massentheilchen zu einer Resultante vereinigt denkt, auf mathematischem Wege [43]) oder in der Wirklichkeit bestimmt, so lassen sich die allgemeinen Hebelgesetze auf jeden Einzelfall anwenden.

Statische Momente.

§. 1808. Das Princip der virtuellen Geschwindigkeiten ergiebt ohne Weiteres, dass sich ein Hebel im Gleichgewichte befindet, wenn die Summen der statischen Momente der entgegenwirkenden Hebelarme gleich und entgegengesetzt sind. Denken wir uns zunächst den in c unterstützten Hebel ab, Fig. 396, gewichtslos, machen die Länge $ac = l$ und die Länge $cb = l'$, während die senkrecht wirkende Belastung $w = r$ und die andere $k = r'$ ist, so hat man $rl - r'l' = 0$ für das Gleichgewicht, mithin $r : r' = l' : l$, d. h. das Gleichgewicht fodert, dass sich die Belastungen, die den Hebel nach entgegengesetzten Seiten zu drehen suchen, umgekehrt wie die entsprechenden Hebelarme verhalten. Hat man einen physischen Hebel, so ist es eben so gut, als wenn man noch eine in dem Schwerpunkte d senkrecht wirkende, der Gewichtsgrösse g des Hebels gleiche Belastung berücksichtigen müsste. Machen wir den Abstand $dc = l''$, so werden wir das Gleichgewicht herstellen, wenn wir ein Gewicht n senkrecht so anbringen, dass die Entfernung seines Angriffspunktes von c, die wir mit l''' bezeichnen wollen, der Gleichgewichtsbedingung entspricht oder $gl'' = nl'''$ ist. Die allgemeine Gleichung geht daher jetzt in $rl + gl'' - (r'l' + nl''') = 0$ über.

Zweiarmiger Hebel.

§. 1809. Kehren wir zum mathematischen Hebel zurück, so folgt $r = \frac{r'l'}{l}$ aus der §. 1808 erwähnten Hauptgleichung. Ist $l' = l$, d. h. haben wir einen zwei- und gleicharmigen Hebel, so wird auch $r = r'$. Gleiche Belastungen führen daher dann zum Gleichgewicht, wie die gewöhnlichen Wagen unmittelbar zeigen. Ist l kleiner als l', so muss r in gleichem Verhältnisse grösser als r' werden. Die Belastung des kürzeren Hebelarmes befindet sich daher im Nachtheile und die des längeren im Vortheile, wie wir an den Schnellwagen sehen.

Schiefer Angriff.

§. 1810. Greifen die Kräfte den Hebel schief an, so lässt sich die Reduction auf die oben erläuterte senkrechte Wirkung nach dem Kräfteparallelogramm durchführen. Nennen wir die Beschwerungen r und r', die entsprechenden Hebellängen ac und bc, Fig. 397, l und l' und die auf die senkrechte Wirkung bezogenen Angriffswinkel α und β und denken uns den Hebel ab in horizontaler Richtung unverrückbar, so wirkt r nur mit der Kraftgrösse $ad = r \cos. \alpha$ und r' mit der von $be = r' \cos. \beta$ in senkrechter Richtung. Man hat $r . l . \cos. \alpha - r'l' \cos. \beta = 0$ für das Gleichgewicht oder $r = r' \frac{l'}{l} \frac{\cos. \beta}{\cos. \alpha}$.

Fig. 397.



Ein der Bewegungsrichtung günstigerer Angriffswinkel kann daher die ungünstigeren Bedingungen der Hebellängen ausgleichen.

Einarmiger Hebel.

§. 1811. Der einarmige Hebel besteht darin, dass sich Kraft und Widerstand an der gleichen Seite des Stützpunktes befinden. r, Fig. 398, besitzt daher den Hebelarm $ac = l$ und den auf die senkrechte Wirkung bezogenen Angriffswinkel α, während r' die Grössen $bc = l'$ und β darbietet. Gilt nun $r \cdot l \cdot \cos\alpha - r' \cdot l' \cdot \cos\beta = 0$ für den Gleichgewichtszustand und daher $r = r' \frac{l'}{l} \cdot \frac{\cos\beta}{\cos\alpha}$, so wird die Kraft oder der Widerstand im Vortheil sein, je nachdem die eine oder der andere über einen grösseren Hebelarm und einen einem Null näher stehenden Angriffswinkel α oder β gebietet. Man nennt einen Hebel zweiter Ordnung oder einen Krafthebel den für die Kraft günstigeren Fall, wenn diese an dem längeren Hebelarme ac, die Last dagegen an dem kürzeren bc arbeitet. Er heisst unter den umgekehrten Verhältnissen ein Hebel dritter Ordnung oder ein Lasthebel. Hat dieser seine Kraft in b und seine Last in a, so befindet sich die Kraft im Nachtheile. Die Last beschreibt aber den grösseren Bogen ad (Fig. 399) in derselben Zeit, in der die Kraft den kleineren Bogen ab durchläuft. Da sich $ad : be = ac : bc$ verhält, so dient der Kraftaufwand, die Schnelligkeit der Lastbewegung zu vergrössern. Man nennt daher auch die Lasthebel Excursions- oder Geschwindigkeitshebel. Machen wir $ad = c$ und $be = c'$, so erhalten wir $cr - c'r' = 0$ für das Gleichgewicht.

Fig. 398.



Fig. 399.



Geschwindigkeitshebel der thierischen Theile.

§. 1812. Die meisten hierher gehörenden Werkzeuge unserer Handwerker bilden Krafthebel, damit möglichst grosse Widerstände bewältigt werden. Die Beziehungen der Muskeln und Knochen führen dagegen in der Regel zu Geschwindigkeitshebeln, die unter ungünstigen Angriffswinkeln von ihren Kräften gedreht werden. So unzweckmässig dieses auf den ersten Blick erscheint, so leicht erklärt sich die Sache bei näherer Betrachtung. Die Natur hat in den Muskeln eine Masse, die eine bedeutende Längenabnahme und beträchtliche Kraftgrössen unter dem Einflusse der Erregung darbieten kann. Da die Ernährungserscheinungen sie mit Leichtigkeit herstellen, so treten in dieser Hinsicht die Sparsamkeitsrücksichten in den Hintergrund, wenn andere Vortheile durch den Verlust an Wirkungsfähigkeit der Muskelmasse erreicht werden. Wie die grösstmögliche Verkürzungslänge nicht gebraucht wird (§. 1762), so hat der spitzwinkelige Ansatz der Leitungsgebilde der Muskelfasern eine passendere Körperform und der Gebrauch der Geschwindigkeitshebel eine beträchtlichere Excursionsgrösse und eine bedeutendere Schnelligkeit der Ortsveränderung möglich gemacht.

§. 1813. Denken wir uns z. B., c sei der an dem unteren Ende des Oberarmes gelegene Drehpunkt, a der Ansatz der Sehne des zweiköpfigen Armmuskels ah, und d der gemeinschaftliche Schwerpunkt des Vorderarmes und der Hand bei einer gegebenen Stellung ihrer Theile, so haben wir den kürzeren Kraftarm $ac = k$ und den längeren Lastarm $cd = l$. Die Wirkung der Muskelkraft wird daher nur zunächst $\frac{k}{l}$ statt k sein. Die Finger

Folgen derselben.

Fig. 400.



können dafür um so rascher einen $\frac{l}{k}$ mal grösseren Bogen oder den Bogen be in der gleichen Zeit, wie $a\,af$ durchlaufen. Eine kleine Verkürzung des Armmuskels wird eine grössere Ortsveränderung der Fingerspitzen zur Folge haben. Gesetzt, die Drehungsrichtung sei af, so wollen wir einen unendlich kleinen Theil dieser Bahn, bei der auch der Angriffswinkel α constant bleibt, näher betrachten. Fällen wir das Loth mn auf ac, so können wir mn als parallel unserem unendlich kleinen Bogen af ansehen. Der Muskel wird daher seinen Hebel mit der Kraftgrösse $mn = k \sin. \alpha$ in der Richtung af drehen und mit der Grösse $an = k \cos. \alpha$ die Gelenkflächen der Knochen in der Richtung ac zusammendrücken. Da der Reibungswiderstand mit dem Drucke wächst, so sieht man hieraus, dass die anderen Verhältnissen zum Opfer gebrachte günstigste Anfügung der Träger den Muskelwirkungen neue Hindernisse bereitet, welche die Kleinheit des Reibungswiderstandes und der Reichthum der zu Gebote stehenden Muskelkraft unschädlich machen. Der Angriffswinkel α ändert sich im Laufe der Bewegung. Der, den wir in der Leiche bestimmen, gilt daher nur für den ersten Anfang der Thätigkeit.

§. 1814. Die Vorsprünge oder die Vertiefungen, an die sich die meisten Sehnen setzen, vergrössern die Oberfläche der Anfügungsstellen und verlängern meistentheils die Kraftarme. Die gegenseitige Verbindung der Muskelfasern und der Sehnen oder der zellgewebigen Häute dagegen lässt Kraft verloren gehen, weil schiefe Ansätze für den grössten Theil der Muskelfasern nothwendigerweise herauskommen. Es hängt zunächst von den zu Gebote stehenden Anfügungsflächen ab, ob ein Muskel in eine Sehne nur an einem oder an beiden Endpunkten ausläuft. Die Uebertragungsorte der Wirkungen, die Grössen der Widerstände und die Raumverhältnisse bestimmen die An- oder die Abwesenheit gefiederter Muskeln.

Sehnenverbindung der Muskeln.

§. 1815. Widerstände oder die in ähnlicher Weise wirkenden Muskelthätigkeiten können die Knochenhebel in den verschiedensten Lagen feststellen. Da die entwickelten Kraftgrössen Lastenmomente für die Kraftwirkungen anderer Muskeln darstellen, so folgt, dass die Thätigkeit von diesen mit der Verschiedenheit der Einstellung der entsprechenden passiven Bewegungswerkzeuge wechselt. Nehmen wir den einfachsten Fall, dass die Drehung in einer und derselben ebenen Fläche vor sich geht, so sei ab der

Verschiedene Zugrichtung.

Oberschenkelknochen und *cd* das Wadenbein, *ef* dagegen ein Muskel, z. B. der kurze Kopf des zweiköpfigen Schenkelmuskels, der zwischen beiden ausgespannt ist, so wird seine Verkürzung *cd* in dem Bogen *dh* drehen, wenn *ab* so sehr befestigt ist, dass die Grösse des Fixationswiderstandes die entsprechende Kraftgrösse des Muskels übertrifft. Liefert dagegen *cd* ähnliche Verhältnisse, während die Zusammenziehung mehr Kraft entwickelt, als *ab* an Widerstand besitzt, so dreht sich *ab* um *b* in der Bahn *ag*. Kann keiner der beiden Theile einen der Muskelkraft gleichen Fixationswiderstand liefern, so werden *ab* und *cd* gleichzeitig gedreht.

Fig. 401.

§. 1816. Muskeln, die mehrere Gelenke umspannen, wirken häufig in entgegengesetztem Sinne, als Strecker oder als Beuger, je nach Verschiedenheit der Fixationsgrössen und der Angriffspunkte. Denken wir uns in *ab* den Oberschenkel, in *cd* den Unterschenkel, in *ef* den Fuss und in *gh* den Gastrocnemius mit der Achillessehne *gd*, so hält er den Fuss in der gestreckten Lage *def*, wenn *h* befestigt ist. Kann sich der Fuss *ef* nicht bewegen, so wird derselbe Muskel den Oberschenkelknochen nach *ak* zu führen und daher das Kniegelenk zu beugen suchen.

Fig. 402.

Spannung der Widerstandstheile.

§. 1817. Hat eine Muskelgruppe eine einseitige Verschiebung der Hebel erzeugt, so spannen sich die entgegengesetzt angebrachten Gebilde. Diese hemmen daher die Ortsveränderung, wenn ihr Widerstand die Muskelkraft übertrifft. Muskeln, Sehnen, sehnigte Häute und Knorpel können hierbei störend eingreifen.

Antagonisten.

§. 1818. Man unterscheidet gewöhnlich die Beuger oder Flexoren und die Strecker oder Extensoren als die beiden entgegengesetzten oder antagonistischen Muskelmassen, die einen Hebel nach den zwei entgegengesetzten Richtungen in derselben geraden Ebene bewegen. Die Dreher oder Rotatoren zerfallen in Vorwärts- und Rückwärtswender, in Pronatoren oder Supinatoren, je nachdem sie die Hebel, die sich ähnlich wie ein Kreis-, ein Cylinder- oder ein Kegelgelenk bewegen, nach der einen oder der anderen Seite wenden. Die Anzieher oder Adductoren und die Abzieher oder Abductoren beziehen sich auf Bewegungen in derselben geradlinigten Ebene oder in Ebenen von mehrfacher Krümmung.

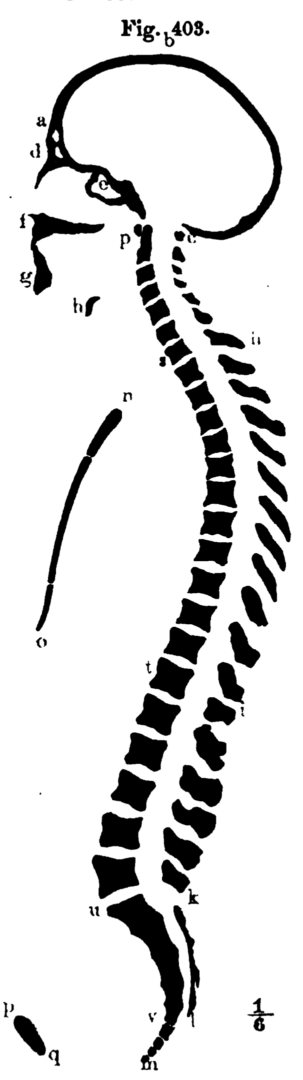
Alle diese Bestimmungen tragen das Gepräge der Willkür an sich, weil es von den früher eingenommenen Stellungen abhängt, in welcher Richtung eine Muskelgruppe wirkt. Man darf überhaupt nicht vergessen, dass die von den Anatomen bestimmte Zugrichtung immer nur für einen gegebenen Fall passt, dass eine Muskelmasse die verschiedensten Erfolge bedingen kann, je nachdem einzelne Gruppen derselben ausschliesslich oder vorherrschend thätig sind. Die Combinationen der verschiedenen Muskelbündel und Muskeln, der Kraftgrössen derselben und der mannigfachen Hebelstellungen lassen eine grosse Reihe von Möglichkeiten offen, über

deren Realisation die blosse anatomische Beschreibung nicht entscheidet. Die physiologisch-mathematische Betrachtung liefert ebenfalls keinen genügenden Aufschluss, weil viele wesentliche Nebenbedingungen unbekannt bleiben.

Faradaysation.

§. 1819. Duchenne gebrauchte starke elektrische Erregungen der Muskeln, um zum Ziele zu gelangen. Man bekleidet die Endstücke der Elektroden mit befeuchteten Schwämmen und sucht auf diese Art beschränkte Muskelbezirke, die nahe unter der Haut liegen, durch starke rasch wiederholte Inductionsströme, durch Faradaysation in Starrkrampf zu versetzen. Dieses Verfahren hat manche geläufige Angaben der menschlichen Myologie berichtigt. Da man aber den Bezirk, den die elektrischen Ströme erregen, und die Kraft, mit der die einzelnen Muskelbündel oder grösseren Muskelgruppen wirken, ohne feinere Beobachtungen nicht bestimmen kann, so werden jene Versuchsarten alle Bedingungsglieder, welche die genügende mechanische Betrachtung fodert, nicht klar machen.

Fig. 403.



Wechsel des Schwerpunktes.

§. 1820. Gehen wir zu den Gesammtbewegungen unseres Körpers über, so müssen wir uns die Verhältnisse der Stabilität klar machen, ehe wir die übrigen Erscheinungen genügend verfolgen können. Der Schwerpunkt einer Masse hängt nicht bloss von der Summe der in ihr vorhandenen Molecüle, sondern auch von der Vertheilung derselben ab. Besteht unser Körper aus einer Menge von einzelnen unter einander beweglichen Stücken, so muss die Lage des Schwerpunktes mit den verschiedenen gegenseitigen Stellungsbeziehungen derselben wechseln.

Kopf und Rumpf.

§. 1821. Der senkrechte Längenschnitt der Wirbelsäule, *rcm*, Fig. 403, lehrt zunächst, dass diese einen mehrfach und abwechselnd entgegengesetzt gekrümmten Stab bildet. Elastische Zwischenstücke verbinden die einzelnen Knochenmassen, in welche die ganze Stützsäule zerfällt worden (§. 1794). Sie vereinigt auf diese Art die Vortheile grösserer Tragfähigkeit mit denen eines bedeutenderen Stosswiderstandes und einer ausgedehnteren Beweglichkeit. Ihr Heiligbeintheil *uklo* ist zwischen den Becken-

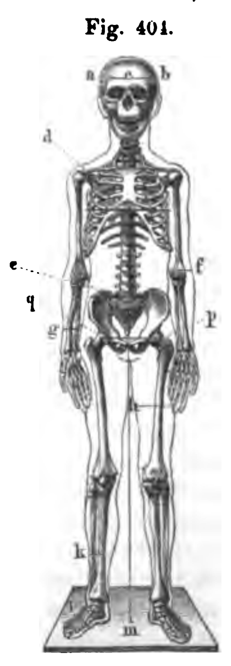
knochen fest eingekeilt, so dass das Becken (*upqmk*) eine Grundmauer bildet, auf welcher die übrigen Theile des Rumpfes und des Kopfes sicher ruhen. Die Lendenwirbel *tuki* sind daher auch die breitesten freien Stützstücke der Wirbelsäule. Diese wird zunächst vorn mit dem Becken (*pq*) und dem Brustkorbe (*no*) belastet. Sie trägt an ihrem oberen Ende *rc* den Kopf, dessen Schwerpunkt verhältnissmässig hoch liegt, dessen grössere Hälfte *bade* nach vorn von der Schwerebene fällt, der überdies noch mit den Gesichtstheilen (*dfghr*) belastet ist und daher ohne weiteren Halt nach vorn überwuchtet. Sollen der Kopf und die Wirbelsäule aufrecht bleiben, so müssen hinten Zugkräfte dem Umschlagen entgegenwirken. Die Bänder und die Rückenmuskeln versehen diesen Dienst. Erschlaffen sie in höheren Jahren, so fällt der Kopf gegen die Brust hinab, während der Nacken und der Rücken gebogen werden.

Stützsäulen der Beine.

§. 1822. Das Becken und die über ihm aufgeschichteten Theile ruhen auf den beiden unteren Extremitäten wie auf zwei Stützsäulen, die ihre Postamente in den Füssen haben. Die oberen Extremitäten hängen, wie zwei der Pendelung fähige Gewichte, an dem Brusttheile des Körpers. Da nur der grösste Theil des ganzen Systemes seitlich symmetrisch ist, das Herz, die Leber, die Milz und die meisten Abschnitte des Nahrungscanales dagegen eine Asymmetrie bedingen, so kann es nur von zufälligen Compensationen abhängen, wenn die Schwerebene genau in der Mitte des senkrecht stehenden Menschen hinuntergeht. Eine asymmetrische Haltung der oberen Extremitäten oder anderer Theile würde sie schon aus der Mittelebene herausführen, wenn jene Verrückungsmomente nicht vorhanden wären.

Schwerebenen des Körpers.

Fig. 404.



§. 1823. Fig. 404 kann uns die Lage der wichtigsten Schwerebenen, wie sie in der Leiche eines kräftigen Mannes unter den entsprechenden Stellungen bestimmt worden, klar machen. *ab* ist die des auf der Wirbelsäule balancirenden Kopfes, während *c* die Projection des Schwerpunktes bezeichnet. *d* ist der Ort des gemeinschaftlichen Schwerpunktes des Rumpfes, und *e* der des ganzen Körpers. War die ganze obere Extremität losgetrennt worden, so fiel ihre Schwerebene in *f*, die des Vorderarmes und der Hand lag unter ähnlichen Bedingungen in *g*, die der ganzen unteren Extremität in *h*, die des Unterschenkels und des Fusses in *k*, und die des letzteren allein in *l*.

Stabiles und labiles Gleichgewicht.

§. 1824. Da alle der Erde angehörenden Körper dem Mittelpunkte derselben mit beschleunigter Geschwindigkeit zueilen, bis ein den Anziehungskräften gleicher und entgegengesetzter Widerstand die Bewegung aufhebt, so wird die Gleichgewichtslage durch $px - p'x' = 0$ ausgedrückt, wenn p die in dem Schwerpunkte concentrirt gedachte Massengrösse, px das Moment derselben in Bezug auf eine horizontale Ebene, und $p'x'$ das entsprechende Moment des Widerstandes

bezeichnet (§. 1750). Bleibt dieser unverändert, so dass $p' x'$ eine constante Grösse ist, so hat man $dx = 0$, d. h. das Gleichgewicht muss stattfinden, wenn x ein Minimum oder ein Maximum ist, wenn der Widerstandspunkt oder dessen unveränderliche Träger mit dem Schwerpunkte zusammenfallen oder von ihm möglichst weit entfernt sind. Ein unveränderlicher in seinem Schwerpunkte aufgehängter Körper bleibt daher in allen Stellungen im Gleichgewicht. Befindet sich der Aufhängepunkt über dem Schwerpunkte, so fällt der Körper, bis der Schwerpunkt die möglichst tiefste Lage hat. Da er nicht tiefer unter den gegebenen Bedingungen fallen kann, so befindet er sich in stabilem Gleichgewichte. Liegt dagegen der Schwerpunkt über dem Widerstandspunkte, so hat man ein labiles Gleichgewicht, weil der Körper zwar bei der grösstmöglichen geradlinigten oder senkrechten Entfernung vom Widerstandspunkte stehen bleibt, immer aber das Bestreben hat, so umzufallen, dass ein stabiles Gleichgewicht herauskommt.

§. 1825. Der menschliche Körper kann sich in stabilem Gleichgewichte befinden, wenn er sich an einer Querstange schwebend festhält. Diese relativ sicherste Stellung wird aber nicht lange ausgehalten, weil die Schultermuskeln einer oder beider Seitenhälften die gesammte Körperlast tragen müssen. Alle übrigen Stellungen liefern nur ein labiles Gleichgewicht.

Umfallen.

§. 1826. Gesetzt, $abcd$, Fig. 405, sei ein Körper von dem Gewichte p und dessen Schwerpunkt in e fällt. Ist bc die wagerechte Unterstützungsfläche, f die Mitte derselben und ef die auf dieser Mitte senkrechte Schwerlinie, so steht der Körper verhältnissmässig am festesten im labilen Gleichgewichte, weil wir uns die Summe aller Widerstandsmomente in f concentrirt und entgegengesetzt gerichtet denken können. Machen wir $bf = x$, so können wir das Maass seiner Standfähigkeit durch $s = px$ in Bezug auf b ausdrücken. Bringen wir $abcd$ in die Lage $a' d' c' b$, so dass der Schwerpunkt von e nach e' rückt, so geht bf in $bf' = x'$ über. Das Maass der Standfähigkeit wird daher um $p\ (x - x')$ kleiner als früher. Der Körper fällt in der Richtung $c'c$, bis die frühere Grösse erreicht worden. Drehen wir dagegen $abcd$ so weit um b, dass er die Lage $a'' d'' c'' b$ erlangt, so dass die Schwerlinie ef'' ausserhalb der Unterstützungsfläche bc hinabgeht, so wird er sich so lange drehen, bis der Schwerpunkt e'' die tiefste Lage und daher ein stabiles Gleichgewicht erhalten hat. Begegnet er einer Widerstandsfläche, wenn $a'' b$ wagerecht geworden, so bleibt er hier im labilen Gleichgewichte. Ein in diesem befindlicher Körper steht daher um so sicherer, je tiefer sein Schwerpunkt liegt und je grösser die Unterstützungsfläche ausfällt.

Fig. 405.



Liegen und Sitzen.

§. 1827. Wendet man dieses auf den menschlichen Körper an, so liefert die wagerechte Lage auf einer breiten Basis die grösste Stabilität, weil die verhältnissmässig tief liegenden Schwerpunkte der meisten Organe

den nöthigen Stützflächen überall begegnen. Eine besondere Muskelanstrengung braucht nicht zu Hülfe zu kommen. Das Sitzen giebt schon weniger Sicherheit, weil der gemeinschaftliche Schwerpunkt des Kopfes und des Rumpfes von der Grundfläche, auf der das Beckenpiedestal ruht, weiter absteht und eine Reihe von Muskeln zur Aufrechthaltung in Anspruch genommen werden. Diese Uebelstände vergrössern sich bei dem Stehen, für das die von den äusseren Fussrändern umspannte Fläche die Basis bildet und bei dem die unteren Extremitäten als steife Säulen wirken müssen.

Stehen.

§. 1828. Man kann keine allgemeine Erläuterung der Mechanik des Stehens geben, weil die Lage und die Füllung der Eingeweide und die Stellung der Glieder den Ort des Schwerpunktes mannigfach ändern. Alle diese Factoren wechseln bei den verschiedenen Arten des Stehens vielfältig. Die abweichenden Angaben der verschiedenen Schriftsteller rühren nur davon her, dass immer andere Haltungen für das normale Stehen vorausgesetzt wurden.

§. 1829. Betrachten wir zuerst die seitlichen Verhältnisse und denken uns den Menschen in der vollkommen symmetrischen, aber nicht ganz ungezwungenen Stellung, Fig. 404, so schneidet die gemeinschaftliche Schwerlinie dm des Kopfes und des Rumpfes die durch die beiden Drehpunkte p und q wagerecht gelegte Ebene unter 90°. Sie berührt den Boden in m oder in der Mitte zwischen den beiden Stützflächen der Füsse. Die Standfähigkeit ist dann nach der rechten Seite eben so gross, als nach der linken. Neigt sich aber z. B. der Rumpf nach rechts, so wird sie nach dieser Seite hin kleiner, weil der Schwerpunkt nach rechts gerückt und die geradlinigte Entfernung des entsprechenden Punktes des äusseren Fussrandes von dem unteren Ende der Schwerlinie kürzer geworden ist. Hebt man das linke Bein in die Höhe, so wird die Stellung noch unsicherer. Die Basis hat sich um mehr als die Hälfte verkleinert und der Schwerpunkt ist gleichzeitig in die Höhe gegangen. Wir müssen den Rumpf nach rechts neigen, damit die Schwerlinie die von dem rechten Fusse bedeckte Bodenfläche treffe. Die durch die höhere Haltung des linken Beines erzeugte Erhebung des Schwerpunktes kann zugleich durch eine etwas tiefere Stellung der rechten Rumpfhälfte theilweise ausgeglichen werden. Ein Mensch, der an dem linken Beine amputirt ist, wird im Allgemeinen unsicherer als ein Gesunder, der das Bein emporhält, stehen, weil der Massenverlust den Schwerpunkt seines ganzen Körpers höher und weiter nach rechts gerückt hat.

§. 1830. Die feste Stellung in einer von vorn nach hinten gerichteten Ebene oder in der Profilansicht fodert einen grösseren Aufwand mechanischer Gegenwirkungen, weil die Wirbelsäule vorn mehr als hinten belastet ist. Eine vollkommen steife Haltung des Rückens und eine gleichzeitige in allen Beziehungen symmetrische Lage der unteren Extremitäten macht einen grösseren Aufwand von Muskelkräften nöthig. Sie erscheint unnatürlicher, weil sie weniger lange ausgehalten wird und kommt uns militärischer oder imposanter vor, weil sie den Besitz einer beträchtlicheren Kraftgrösse voraussetzt. Die leichtere und graziösere Stellung besteht daher darin, dass man ein Minimum der Asymmetrie wählt, das die möglichst geringe

Muskelanstrengung fodert und daher die längste Zeit ausgehalten wird. Leonardo da Vinci und in neuerer Zeit Maissiat sahen es deshalb als die natürlichste Stellung an, wenn der grössere Theil der Rumpflast auf einem Beine ruht und das andere leise gebeugt ist.

§. 1831. Steht der Mensch ungezwungen und gestreckt aufrecht, so geht die Schwerlinie des Rumpfes, nach H. Meyer [44]), hinter der Verbindungslinie der Drehpunkte der beiden Hüftgelenke, ungefähr parallel der senkrechten Achse des Kniegelenkes und nahe vor der Längsachse des Unterschenkel-Fussgelenkes herunter. Sie trifft den Boden innerhalb der hinteren Hälfte der Fussplatte, wenn man sich das Ganze in der Profilprojection vorstellt. Die Hüftgelenke tragen daher nur einen Theil der Kopf-Rumpflast unmittelbar, während ein anderer Theil der Druckwirkung, der den Rumpf nach hinten zu wenden sucht, von der Gegenthätigkeit des *Ligamentum superius s. ilio-femorale* aufgenommen und die seitliche Neigung durch die Hemmung des runden Bandes und des äusseren Blattstückes der Schenkelbinde oder des *Ligamentum ilio-tibiale* und die Zusammenziehung des grossen Gesässmuskels (*Glutaeus maximus*) beschränkt wird. Die Strecker des Kniegelenkes (*Rectus femoris*, *Vasti externus*, *medius* und *internus*) und der Widerstand der ihm eigenthümlichen Bänder und der angezogenen Nachbartheile des Kniees verhüten das Einknicken der Mitte des Unterstützungsstabes. Die Form des Sprungbeines und wahrscheinlich die hinzutretende Verkürzung der an der Hinterseite des Unterschenkels angehefteten und verlaufenden Muskeln (*Soleus*, *Tibialis posticus*, *Flexores digitorum longi* und *Peronei longus* und *brevis*) hindern die nach vorn gerichtete Drehung im Fussgelenke.

Gehen.

§. 1832. Der gewöhnliche Gang beruht auf der Wechselrolle beider Beine, indem immer das eine die Körperlast stützt, während das andere nach vorn schwingt. Denken wir uns, der Mensch stehe zum Gehen bereit, so dass die rechte untere Extremität vor der linken voran ist und jene die Rolle des stützenden Beines bei dem Vorwärtsgehen übernehmen soll, so wird der Oberkörper nach seiner Seite geschoben und von ihm bei steifer Streckung säulenartig getragen (*lms*, Fig. 388, S. 551). Das linke zurückgebliebene Bein geht nach und nach in das Maximum seiner Streckung über. Die Ferse wird gehoben und die Fussohle so weit von dem Boden abgewickelt, dass ihn nur noch die Zehen berühren (*nr*, Fig. 388). Die Verlängerung und Hebung drängt den Rumpf nach vorn und nach der entgegengesetzten Seite. Hat auf diese Weise die Streckung ihr Maximum erreicht, so biegt sich das linke Bein in dem Knie- und dem Hüftgelenke. Es verwandelt sich auf diese Weise in einen gebrochenen Stab. Die geringere Entfernung der beiderseitigen Endpunkte macht es möglich, dass es wie ein im Hüftgelenke aufgehängtes und durch den Luftdruck äquilibrirtes Pendel (§. 1795) nach vorn schwingt, ohne an den Boden zu stossen. Es eilt dabei der anderen unterstützenden Extremität voran. Die nöthige Streckung setzt es auf den Boden, so dass wir jetzt den gleichen Ausgangspunkt, wie früher, nur für das linke statt des rechten Beines haben. Man sieht hieraus, dass jede der beiden unteren Extremitäten der Reihe nach stützt, durch Streckung stemmt und hebt, sich einbiegt, schwingt und

sich durch die nöthige Streckung von Neuem zur Stützung vorbereitet. Diese Rollen werden für beide Beine abwechselnd vertheilt.

§. 1833. Die seitliche Uebertragung der Kopf-Rumpflast auf das stützende Bein kann durch eine entsprechende Wendung des Rumpfes, noch einfacher aber, nach Meyer [45]), durch eine Beugung des Unterschenkel-Sprunggelenkes zu Stande kommen. Die spätere für das Stemmen nöthige Streckung führt, nach ihm, zu einer Drehung und Abziehung des untersten Abschnittes des Unterschenkels, die selbst durch eine ergänzende Drehung und Abziehung im Hüftgelenke und durch Vorwärtsbeugung im Pfannengelenke und eine entsprechende Rückwärtsbeugung der Lendenwirbelsäule möglich gemacht wird. Die Pendelbewegung des schwingenden Beines geht, nach Meyer, nach vorn und innen. Die Zehenspitzen bewegen sich, nach L. Fick, in geringem Grade nach oben und innen und zwar die der grossen Zehe am wenigsten und die der kleinen am stärksten. Die Wirkungen des Gegendruckes der Fussbekleidung treten daher an der Rückenseite der Zehen in der Gegend der Gelenkverbindungen der ersten und zweiten Phalangen und nach der Seite der kleinen Zehe hin am stärksten hervor.

Grösse und Schnelligkeit der Schritte.

§. 1834. Die Elongationen und die Geschwindigkeiten, die das Wechselspiel der beiden Beine unter dem gegebenen Luftwiderstande darbieten, bestimmen die Länge der Schritte und die Geschwindigkeit des Gehens. Die Länge des abgewickelten Fusstheiles, die Grösse der Vorwärtsbewegung bei der möglichst starken Streckung oder der Länge des Gliedes und des Cosinus des Winkels, den es mit der Horizontalebene bildet, und die Ausdehnung des Schwingungsbogens liefern die Hauptmomente. Wenn kleinere Glieder als kürzere Pendel rascher schwingen, so wird dieses häufig genug durch die anderen ungünstigeren Bedingungen ausgeglichen. Es wäre unzweckmässig, alle jene Bestimmungsglieder gleichzeitig auf ihr Maximum anwachsen zu lassen. Eine volle Pendelschwingung würde die Extremität so sehr heben, dass das Aufsetzen auf den horizontalen Boden eine bedeutende Vorwärtsneigung des Rumpfes nöthig machte oder das Bein eine Strecke weit, wie bei dem Marschiren, zurückschwingen müsste und daher eine gewisse Zeitgrösse nutzlos verloren ginge. Wir unterbrechen daher die Schwingung, wenn die gestreckte Extremität den Boden in einer von der Normalen nicht sehr abweichenden Stellung berühren kann. Wir verzichten selbst bei dem gewöhnlichen Gehen auf jede grössere Neigung des gestreckten Beines gegen die Horizontalebene des Bodens, als die nahebei senkrechte und gestreckte Stellung des stützenden möglich macht.

Langsamer und rascher Gang.

§. 1835. Die Zeit, in der die Kopf-Rumpflast auf beiden Beinen zugleich ruht, geht als Moment des Stehens für das Gehen verloren. Die Geschwindigkeit der Gangbewegung steht daher unter sonst gleichen Verhältnissen in umgekehrtem Verhältnisse zu der Dauer jenes Zwischenactes. Wir gehen langsam (gravitätischer Schritt), wenn wir viel Zeit für jenes Bedingungsglied verlieren, und rasch (Eilschritt), wenn die Körperlast der Obhut eines Beines möglichst lange anvertraut bleibt. Die Länge der Beine, die Grösse der Einknickung und die mit derselben wachsende Geschwindigkeit der Pendelschwingung, der Bogenwerth derselben und die Dauer der einzelnen Bewegungsacte bestimmen überdies die Ge-

schwindigkeit des Ganges. Man kann sich hieraus leicht erklären, weshalb die blosse Länge der Extremitäten über die Schnelligkeit des Gehens nicht entscheidet.

Hinken.

§. 1836. Ist die eine Extremität kürzer als die andere, so sinkt die Rumpfhälfte nach derselben Seite hinab, wenn das kranke Glied als Stütze benutzt wird. Der für das Fallen und das Heben nöthige Zeitverlust und oft auch die geringere Excursionsweite des verkürzten Beines verzögern daher die Gangbewegungen des Hinkenden. Hat ein Mensch eine Anchylose des Kniegelenkes oder trägt ein Oberschenkelamputirter einen Stelzfuss, so würde er bei einer gerade nach vorn gerichteten Pendelschwingung an den Boden stossen, wenn die Stützsäule der kranken Seite die gleiche Länge wie die der gesunden hätte. Die Drehung nach aussen und vorn ersetzt daher hier die nach vorn gerichtete Schwingung. Man macht die Stelzfüsse merklich kürzer, als die übrig gebliebene Extremität, um jene Bewegung auf Kosten eines hinkenden Ganges zu vermindern und an Sicherheit zu gewinnen. Ein Amputirter, der auf zwei Krücken geht, fixirt die beiden Stäbe an den Achselhöhlen, so dass die zwischen beiden Stützpunkten dahingehende Linie die Drehungsachse bildet, um die sich der Körper nach vorn schwingt. Der breite Rückenmuskel (*Latissimus dorsi*) leistet wesentliche Dienste für diese Bewegungsweise der Körpermasse.

Kriechen, Klettern Springen.

§. 1837. Nicht nur die oberen, sondern auch die unteren Extremitäten leisten wesentliche Dienste bei dem Kriechen und dem Klettern. Sie liefern zeitweise die Befestigungsmittel, an denen der übrige Körper nachgezogen wird. Die Vorbereitung zum Sprunge besteht darin, dass man alle oder einen Theil der Hauptstücke der unteren Extremitäten zickzackförmig biegt und dann rasch und mit Nachdruck streckt. Sie führen den vorher tiefer hinabgesenkten Schwerpunkt schnell empor und drücken zugleich gegen die Widerstandsfläche des Bodens, deren gleich grosse Gegenwirkung den Körper in die Höhe wirft, wenn ihr Moment grösser als das Schweremoment ausfällt (§. 955).

Sprunglauf.

§. 1838. Wir schalten häufig Sprungbewegungen bei dem Laufen ein. Diese Art von Ortsveränderung oder der Sprunglauf unterscheidet sich von dem Eilschritte dadurch, dass es hier Momente giebt, in denen der ganze Körper in der Luft schwebt, während ihn ein Bein bei dem raschesten Gehen in jedem Augenblicke stützt.

Schwimmen.

§. 1839. Wie der Sprung auf dem Gegendrucke des Bodens, so beruht das Schwimmen auf der Reaction des Wassers. Der lebende Körper hat ein grösseres specifisches Gewicht als das Flusswasser und selbst als das schwerere Meerwasser (§. 1151). Die tiefste Einathmung kann den Unterschied unter den gewöhnlichen Verhältnissen nicht ausgleichen. Bewegungen müssen der Tendenz des Sinkens entgegenarbeiten. Sie machen zugleich verschieden gerichtete Ortsveränderungen möglich. Denken wir uns, der wagerecht ausgestreckte Mensch drehe seine oberen Extremitäten in den Schultergelenken von vorn nach hinten, so setzt das Wasser einen Widerstand, der nach vorn drückt, entgegen. Ist dieser gross genug, um die Schweremomente der eingetauchten und der freien Körpertheile zu überwinden, so wird er sie vorwärts treiben. Führt der Mensch unmittelbar darauf die Arme in gebogener Stellung oder in einer anderen

schwächer wirkenden Richtung zurück, so kann der neue Widerstand die vorhergehende Bewegungsrichtung nicht vollständig aufheben. Da die Gegenwirkung mit der lebendigen Kraft des Stosses und diese mit dem Quadrate der Geschwindigkeit wächst, so haben die Energie und die Schnelligkeit der Bewegung einen wesentlichen Einfluss auf die Triebkraft der Flüssigkeit.

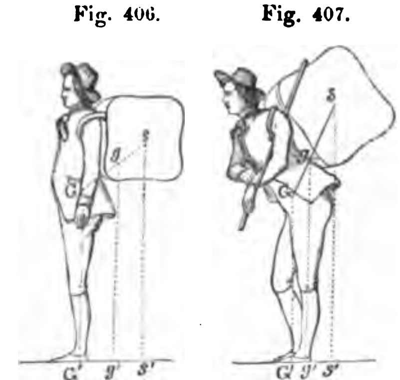
Automatische Verbesserungen.

§. 1840. Wie die nöthigen ursprünglichen Bewegungen ohne Kenntniss der Mechanik oder, wie man sich ausdrückt, instinctmässig vollführt werden, so wählen wir auch in der Regel die nöthigen Verbesserungsmittel ohne weitere Reflexion, weil wir die meisten von ihnen erfahrungsgemäss nach und nach erlernt haben. Wir wollen die gewöhnlichsten hierher gehörenden Fälle näher betrachten.

Tragen von Lasten.

§. 1841. Gesetzt, der Fig. 406 abgebildete Mann hätte unbelastet die Schwerlinie GG' und das auf den Rücken gebundene Packet die ss', während der gemeinschaftliche Schwerpunkt in g fiele, so würde der Mensch in vollkommen gerader aufrechter Stellung nach hinten fallen, weil die Schwerlinie gg' den Boden ausserhalb der Unterstützungsfläche der Füsse berührt. Biegt sich dagegen der Mensch nach vorn, so dass der gemeinschaftliche Schwerpunkt nach gg', Fig. 407, rückt, so kann er stehen oder gehen, wenn gg' die von den Fussplatten umschriebene Fläche erreicht. Seine Stabilität ist aber geringer als in unbelastetem Zustande, weil g höher als G liegt. Menschen, die eine vor ihnen liegende Last aufheben, hochschwangere Frauen, Personen mit grossen Eierstocks- oder Gebärmuttergeschwülsten strecken sich nach hinten, um den gemeinschaftlichen Schwerpunkt weiter nach hinten zu schieben.

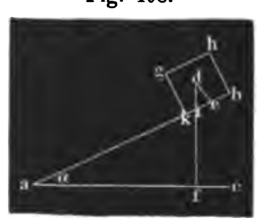
Fig. 406. Fig. 407.



Bergsteigen.

§. 1842. Wir machen die gleichen Correctionsbewegungen, wenn unser Körper Widerstände zu überwinden hat, die als Aequivalente hinten oder vorn angebrachter Beschwerungen thätig sind. Nehmen wir an, ab, Fig. 408, sei die Profilprojection einer schiefen und ac die der Horizontalebene, so dass die Grösse der Steigung durch α gemessen wird. Ein auf ab befindlicher Körper $ghbk$, dessen Schwerpunkt in d liegt, wird seine Schwerlinie in di haben, wenn die geradlinigte Verlängerung df die Ebene ac senkrecht schneidet. Denken wir uns die Schwerewirkung g durch di dargestellt, so können wir sie in zwei Kräfte de und ei, von denen die eine auf ab senkrecht steht und die andere ihr parallel läuft, zerlegen. Nun ist der Winkel ide eben so gross als α. Die drückende Kraft $de = g \cdot \cos. \alpha$ wird von der schiefen Ebene ab ausgehalten. Sie kommt als Bestimmungsglied der Reibung in Betracht (§. 1813), wenn sich $ghbk$ fortbewegt. Die **relative Schwere** $ei =$

Fig. 408.



g. sin. α verschiebt den Körper parallel *ab*. Sie lässt ihn nach *a* hinabgleiten. Soll er an seiner früheren Stelle stehen bleiben, so muss die Reibung *g. sin. α* gleichen. Geht er nach *a* herunter, so langt er hier mit derselben Geschwindigkeit an, als wenn er bis *f* senkrecht gefallen wäre. Die Zeit, die er hierzu auf der schiefen Ebene braucht, wächst mit der Länge derselben, die selbst wiederum von dem Sinus des Steigungswinkels *α* abhängt.

Wenden wir dieses auf unseren Körper an, so steht der Mensch auf einem ansteigenden Wege, wenn die Reibung die relative Schwere aufhebt. Er fällt daher leichter auf einem geglätteten oder gefrorenen Boden. Geht er bergauf, so ist es eben so gut, als hätte er eine der relativen Schwere entsprechende Last auf dem Rücken gebunden. Er biegt daher seinen Oberkörper nach vorn und unten. Er streckt ihn nach hinten bei dem Hinabgehen des Berges, weil hier die relative Schwere wie eine vorn aufgehängte Last thätig ist. Da die Beschwerungen mit der Steilheit oder der Grösse des Winkels *α* wachsen, so wählt man ihn so klein als möglich bei dem Strassenbaue. Die Gesetze vieler Länder verbieten Steigungen, die mehr als 5% bis 7% betragen, oder mehr als $2^1/_2$ bis 4^0 für *α* geben. Sehr steile Treppen haben 27^0 bis 32^0. Steigungen von 50^0 können selbst nicht mehr von Schafen erklettert werden.

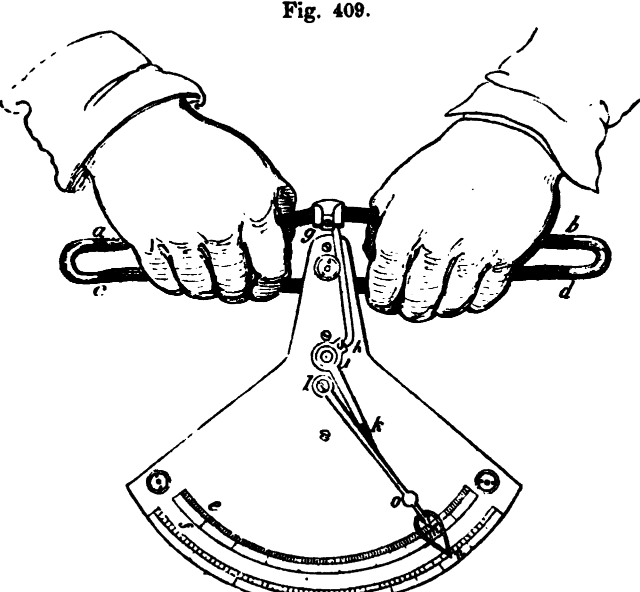
Luftwiderstand.

§. 1843. Der Luftwiderstand, der mit der Dichtigkeit der Atmosphäre, der Oberflächengrösse und dem Quadrate der Geschwindigkeit des bewegten Körpers wächst, sucht unseren Körper nach hinten zu wenden, wenn wir vorwärts gehen. Wir brauchen daher häufig die Neigung nach vorn, die tiefere Versetzung des Schwerpunktes und die nach vorn gerichteten Pendelschwingungen der Arme als Verbesserungsmittel bei dem raschen Gehen oder Laufen. Die Schwingungen der Arme, die man auch unter anderen Verhältnissen häufig zu Hülfe zieht, können die Drehung des Rumpfes verkleinern und die Vorwärtsbewegung erleichtern.


Kraftmesser.

§. 1844. Die **Kraftmesser** oder **Dynamometer** dienen zur Bestimmung der Druck- od. der Zugkräfte, die ein Mensch oder ein Thier ausüben kann. Figur 409 zeigt den Apparat von **Regnier**, und zwar nach Entfernung der einen Deckplatte, damit man die Mechanik des

Fig. 409.



Ganzen besser übersehen kann. Drücken die beiden Hände die Arme *ab* und *cd*, so dass die elastischen Federn *ac* und *bd* nachgeben, so schiebt der Winkelhebel *ghik* den Zeiger *lm* an der Bogenscale *e* fort. Da er sich hier mit einer gewissen Reibung bewegt, so bleibt er auf dem Maximum der Verrückung stehen, wenn auch *ghik* bei der Fortsetzung der Arbeit zurückweicht. Die Grade selbst beziehen sich auf Druckgrössen, die man in Gewichtseinheiten früher bestimmt hat.

Die Unzuverlässigkeit der meisten Federwagen, die Abhängigkeit des Ausschlags von der Geschicklichkeit des Angriffes, der Zweckmässigkeit der Muskelbewegungen und die wechselnde Schnelligkeit der Stösse machen alle Beobachtungen, die man mit jenem Apparate anstellt, in hohem Grade unzuverlässig. Man erhält überdies nur das Maximum einer augenblicklichen Anstrengung und kein Maass für anhaltende Kraftwirkungen.

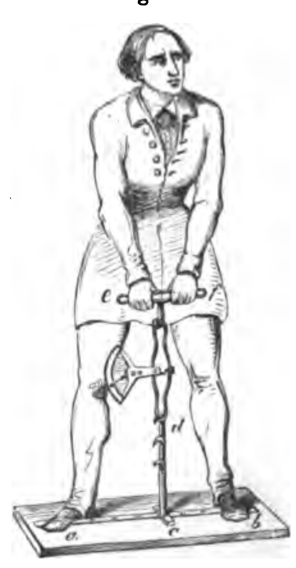
Druckkraft.

§. 1845. Ein erwachsener Mann kann, nach Quetelet, ungefähr 30 bis 45 Kilogr. Druck mit seiner rechten, 26 bis 41 Kilogr. mit der linken Hand und 56 bis 89 Kilogr. mit beiden Händen zugleich ausüben. Die Frau liefert in dieser Hinsicht nur 22 bis 25, 19 bis 22 und 45 bis 50 Kilogramme.

Zugkraft.

§. 1846. Will man die Zugkraft eines Menschen, für welche die Streckung des Rumpfes von Bedeutung ist, prüfen, so wählt man die Fig. 410 abgebildete Einrichtung. Der Mensch tritt auf die befestigte Eisenplatte *acb*. Ein Haken *d* nimmt den Bogen *ac*, Fig. 409, und ein zweiter des Griffes *ef* den Bogen *bd* Fig. 409, auf. Ziehen die Hände an *ef*, während die Füsse an der entgegengesetzten Seite fixiren, so dehnt sich das Dynamometer in der Richtung *ab* Fig. 409. Der Zeiger *n* giebt die entsprechende Zuggrösse in Gewichten nach Graden der Scale *ln*. Man schaltet den Kraftmesser in ähnlicher Weise zwischen einem Lastthiere und einem Wagen ein.

Fig. 410.



§. 1847. Der erwachsene Mann giebt, nach Quetelet, 93 bis 155 und die Frau 59 bis 77 Kilogr. als Mittelwerthe des Zuges. Forbes erhielt beträchtlich höhere Grössen für Arbeiter der verschiedensten Ländergebiete Grossbritanniens. Engländer von 20 bis 25 Jahren zeigten 166 bis 174, Schotten 169 bis 183 Kilogr. und Irländer 180 bis 187 Kilogr.

Arbeitsgrössen.

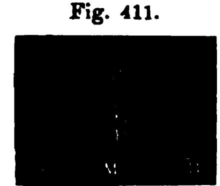
§. 1848. Wir haben §. 1752 gesehen, dass man die mechanische Leistung des einzelnen Muskels nicht genügend bestimmen kann, weil sich die Dauer der Arbeit und die Einflüsse der Ermüdung nur unvollkommen verfolgen lassen. Dasselbe kehrt für die Arbeiten der Menschen und der Thiere wieder. Die Erfahrung bestätigt auch hier den schon §. 1754 erläuterten Satz, dass nicht das Maximum der Kraft oder der bewältigten Last und eben so wenig das Maximum der Hubhöhe oder der Geschwin-

digkeit die grösste Nutzwirkung liefern. Mittlere Kraft- und Verkürzungsgrössen geben in dieser Hinsicht die günstigsten Werthe.

§. 1849. Die Mathematiker bemühten sich häufig, allgemeine Kraftformeln aufzustellen. Nennt man die Maximalkraft, für welche die Hubhöhe oder die Geschwindigkeit Null ist (§. 1747), m, die Maximalverkürzung oder die grösste Geschwindigkeit, für die die Kraft hinwegfällt, c, und die gegebene mittlere Geschwindigkeit v, während die ihr entsprechende Kraftgrösse k ist, so hat man: $k = m\,(1 - \frac{v}{c})$ nach Bouguer und $k = m\,(1 - \frac{v^2}{c^2})$ oder $k = m\,(1 - \frac{v}{c})^2$ nach Euler. Verzeichnet man sich die

Arbeitsformeln.

Fig. 411.



Werthe von v auf der Abscisse OB und die von k als Ordinaten, die OA parallel sind, so giebt die erste Formel die Gerade AP_1B, die zweite den Parabelbogen AP_2B und die dritte das Parabelstück AP_3B. Der Ausdruck von Gerstner stimmt der Form nach mit dem von Bouguer überein, nur dass hier die mittleren Werthe der Kraft und der Geschwindigkeit statt der Maxima gebraucht werden. Man hat daher $k = 2m\,(1 - \frac{v}{2c}) = m\,.\,(2 - \frac{v}{c})$. Berücksichtigt man die Arbeitszeit und bedeuten hier z und t das Gleiche für die Zeit, was v und c für die Geschwindigkeit, während die Einflüsse der Zeit denen der Schnelligkeit parallel gehen, so erhält man $k = m\,(2 - \frac{v}{c})\,(2 - \frac{z}{t})$.

Alle diese Formeln liefern nicht einmal genügende Näherungsgrössen, weil sie den während der Arbeit sich geltend machenden Gang der Ermüdung und die in Gebrauch gezogene Muskelmechanik nicht berücksichtigen. Es ist nicht gleichgültig, ob eine Last wagerecht fortgeschoben, schief oder senkrecht gehoben, ob die gleiche Arbeit einseitig wiederholt oder mit wechselnden Muskelmassen geliefert wird, ob die gleichzeitigen die Ernährungsverhältnisse bestimmenden Nebenmomente die Ermüdung herabsetzen und die nöthige Erholungsdauer abkürzen oder nicht.

Mechanische Leistung des Menschen.

§. 1850. Der Mensch liefert schon eine gewisse Arbeitsgrösse bei dem Sitzen, dem Stehen oder dem Gehen, weil er einen Theil seiner Körperlast oder die ganze Grösse derselben tragen oder fortbewegen muss. Nehmen wir an, er wiege 60 Kilogr. und mache auf wagerechtem Boden 125 Schritte von 0,8 Meter in jeder Minute, so dass seine Secundengeschwindigkeit 1,67 Meter beträgt, so gleicht seine tägliche mechanische Leistung 2880 Kilogramm-Kilometer, wenn er die Bewegung 8 Stunden im Tage fortsetzt. Die französischen Ingenieure nehmen sogar 3510 für diesen Fall an. Ein Esel soll, nach Gerstner, 2,4, ein Ochse 4,0, ein Maulesel 4,7 und ein Pferd 6,4 mal so viel dynamische Einheiten als ein Mensch geben.

§. 1851. Muss dieser eine Last tragen, so verzehrt die hierdurch nöthige grössere Muskelanstrengung und die nachfolgende Ermüdung einen grossen Theil der sonst möglichen Nutzwirkung. Ein Mann, der 40 Kilogr.

auf dem Rücken trägt, liefert, nach Morin, eine Secundengeschwindigkeit von 0,75 Meter, wenn er auf ebenem Boden fortschreitet. Arbeitet er täglich 7 Stunden, so gleicht sein Nutzeffect 1890 Kilogramm-Kilometer, wenn wir wiederum 60 Kilogr. als Körpergewicht voraussetzen. Muss er eine Treppe oder einen Berg hinaufgehen, so fällt die mechanische Leistung noch kleiner aus.

§. 1852. Die grösstmögliche Anstrengung kann ausserordentliche Nutzeffecte für kurze Zeiten zum Vorschein bringen. Ein kräftiger Turner hob z. B. mit beiden Händen 165 Kilogr. 0,6 Meter hoch. Nehmen wir an, dass er dieses Gewicht, welches seine eigene Körperlast um mehr als das Doppelte übertraf, nur 3 Secunden halten konnte, so bekommen wir 33 Kilogr.-Meter für die Secunde, während ein starker unbelasteter Mensch, der eine Treppe steigt, nur 9,8 solcher Einheiten für dieselbe Zeitdauer liefert.

Schnelligkeit der Fortbewegung.

§. 1853. Der gewöhnliche Militärschritt giebt etwas weniger als 1 Meter Secundengeschwindigkeit. Ausgezeichnete Schnellläufer bringen es auf $4^1/_2$ bis 9 Meter, mithin auf grössere Werthe, als die im Trab oder Galopp reitende Cavallerie. West, der eine Weglänge von 9 Metern in der Secunde zurücklegen konnte, war nicht im Stande, diese Arbeit eine Minute lang gleichartig fortzusetzen.

Stimmbildung.

Geräusche und Töne.

§. 1854. Die Schwingungen der wägbaren Stoffe, die unser Gehörorgan mit der nöthigen Stärke treffen, führen zu Schallempfindungen. Eine einmalige kräftige Erschütterung erzeugt einen Knall, die unregelmässige Wiederholung der Stösse ein Geräusch, und die rhythmische Wiederkehr der isochronen Wellenbewegungen die musikalische Tonbildung.

Stärke, Höhe und Klang der Töne.

§. 1855. Da die akustischen Erscheinungen von ähnlichen mechanischen Veränderungen der flüssigen oder der festen Körper abhängen, wie die optischen von denen des Lichtäthers (§. 1497), so stösst man auf viele Parallelphänomene dieser beiden Arten von Sinneseindrücken. Das Quadrat der Schwingungsamplitude bestimmt die Stärke der Töne in gleicher Weise, wie die der Lichterscheinungen (§. 1508). Die Tonhöhe entspricht den Farben (§. 1507). Beide werden durch die Wellenlänge oder die der Zeiteinheit entsprechenden Schwingungszahlen gemessen. Der Klang oder der Timbre bildet wahrscheinlich die Folge der Wellenform und anderer noch unbekannter Einflüsse der Molecularbeschaffenheit der Körper.

Tonreihe.

§. 1856. Macht ein Ton in der Zeiteinheit doppelt so viel Schwingungen als ein anderer, so liegt er eine Octave höher als der mit ihm verglichene Grundton. Betrachten wir aber die einzelnen Octaventöne, so erhalten wir:

c.	d.	e.	f.	g.	a.	h.	c.
ut.	re.	mi.	fa.	sol.	la.	si.	ut_2.
1.	$^9/_8$.	$^5/_4$.	$^4/_3$.	$^3/_2$.	$^5/_3$.	$^{15}/_8$.	2.

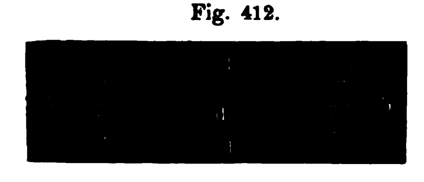
Die Terz hat daher $1^1/_4$ und die Quinte $1^1/_2$ mal so viel Schwingungen als der Grundton. Der Quotient der Schwingungszahlen zweier Töne giebt das Intervall derselben. $^9/_8$ bildet einen grossen, $^{10}/_9$ einen kleinen ganzen,

$^{16}/_{15}$ einen grossen halben und $^{25}/_{24}$ einen kleinen halben Ton. Ein noch kleinerer Bruch entspricht einem musikalischen Komma.

Transversalschwingungen.

§. 1857. Hat man die in *a* und *b*, Fig. 412, befestigte Saite, deren Gleichgewichtslage in *adb* fällt, nach *ad'b* geführt und dann sich selbst überlassen, so schwingt sie pendelartig zwischen *ad'b* und *ad''b* hin und her. Sie macht eine Reihe von Beugungswellen (§. 1504). Indem sie ihre Stösse den Nachbarmassen mittheilt, verliert sie nach und nach an lebendiger Kraft. Ihre Amplitude *dd'* und *dd''* verkleinert sich allmälig (§. 1498). Der Ton wird immer schwächer, bis wir ihn nicht mehr hören. Die Tonhöhe einer solchen transversal schwingenden Saite steht in geradem Verhältnisse zur Quadratwurzel des Spannungsgewichtes und in umgekehrtem zur Länge, der Dicke und der Quadratwurzel der Eigenschwere der Saite. Während sie im Ganzen schwingt, kann sie sich zugleich in eine Reihe aliquoter Theile, die selbständige Molecularwellen erzeugen, sondern. Die Thätigkeiten beider greifen nach dem Principe der Coëxistenz der elementaren Bewegungen gleichzeitig ein.

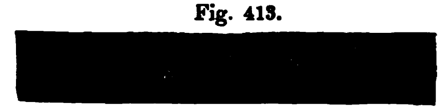
Fig. 412.



Knoten und Bäuche.

§. 1858. Stützt man die angespannte Saite am Ende ihres ersten Drittheils und streicht dieses an, so erzeugt sich ein relativer Ruhepunkt, ein Knoten, an der wechselseitigen Grenze *n* der beiden anderen Drittheile. Diese haben ihre Bäuche *v* und *v'* an den Orten der grössten Schwingungsweite.

Fig. 413.



Stehende Schwingungen.

§. 1859. Die Saite liefert stehende Schwingungen, wenn alle ihre Theile *f*, *d*, *g*, Fig. 412, das Maximum der Amplitude *f'd'g'* gleichzeitig erreichen und ebenso die Gleichgewichtslage *f*, *d*, *g* in demselben Augenblicke durchsetzen. Eine fortschreitende Schwingung, bei der sich die Unruhe von Molecül zu Molecül überträgt und daher Phasenunterschiede (§. 1499) zum Vorschein kommen, erzeugt sich nach den §. 1504 erläuterten Normen. Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des transversalen Impulses der Saite wächst mit den Quadratwurzeln der Länge derselben und des Spannungsgewichtes und umgekehrt wie das Gewicht der schwingenden Masse.

Elastische Membranen.

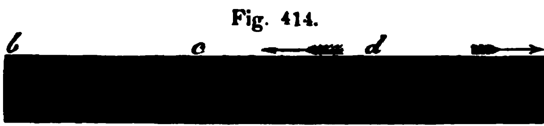
§. 1860. Die elastischen Platten oder Häute werden als Aggregate von Saiten angesehen (§. 445). Bestreut man sie mit einer fein gepulverten und leicht beweglichen Masse, z. B. mit Bärlappsamen, so zeigen die Ortsveränderungen derselben die Stellungen der Knotenlinien, die während der Schwingungen vorhanden waren, an. Die Form der Klangfiguren hängt von den Elasticitätsverhältnissen der Haut und der Art des Impulses ab. Membranen, die ungleichartig gespannt sind oder verschiedene Elasticitätsachsen nach den verschiedenen Raumdimensionen darbieten (§. 246), liefern deshalb andere Gestalten als gleichartigere Körper.

Longitudinalschwingungen.

§. 1861. Pflanzt sich ein Anstoss der Länge nach durch eine elastische cylindrische Masse fort, so erzeugen die positiven Wellenhälften Verdichtungen, wie es die Schraffirung bei *d*, Fig. 414 a. f. S., andeutet, und die negativen Verdünnungen, *b*. Man spricht daher hier nicht von Beugungs-,

sondern von Verdichtungs- und Verdünnungswellen. Da gewöhnlich die Geräusche und die Töne durch longitudinale Impulse der Luft zu unserem Ohre gelangen, so hat diese Art von Wellen eine besondere physiologische Bedeutung. Lässt man die Einflüsse der Temperaturveränderungen unbeachtet, so gleicht die Fortpflanzungsgeschwindigkeit eines longitudinalen Anstosses einer solchen elastischen Masse der Quadratwurzel des Quotienten der Beschleunigung der Schwerkraft (§. 458) und des Elasticitätscoëfficienten (§. 475) der schwingenden Masse. Die Erwärmung, welche die Verdichtung, und die Erkältung, welche die Verdünnung begleitet, machen eine Verbesserung jenes theoretischen Werthes nothwendig. Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Atmosphäre, die mit ihrer Dichtigkeit, ihrer Wärme, dem Feuchtigkeitsgehalte und den Windrichtungen wechselt, wird zu 332,25 Meter in der Secunde angenommen. Wir haben schon §. 447 die des Wassers kennen gelernt. Sie fällt für Eisen, Fischbein und Holz 6- bis 16 mal so gross als für die Luft aus.

Fig. 414.



Musikalische Instrumente.

§. 1862. Die verschiedenen musikalischen Instrumente liefern Beugungs- und Verdichtungswellen oder die letzteren allein. Ihre Theorie lässt Vieles zu wünschen übrig, weil man hier in der Regel durch Probiren mehr gefunden hat, als eine streng mathematische Schlussfolge geben konnte.

Saiteninstrumente.

§. 1863. Wird eine elastische Saite angeschlagen, so laufen Verdichtungs- und Verdünnungswellen hin und zurück, während Querschwingungen nebenbei auftreten. Hat die Tonbildung, deren Höhe von den §. 1798 angegebenen Bedingungen abhängt, eine zu geringe Schwingungsweite, so verstärkt man sie durch das harmonische Mitklingen oder die Resonanz, d. h. durch ursprünglich gleichsinnige Schwingungen eines mit dem Erreger verbundenen Systemes elastischer Körper, die im günstigsten Falle gleich gestimmt sind. Die verschiedenen Saiteninstrumente, wie die Violine, das Violoncell, die Bassgeige, die Guitarre, der Flügel, die Harfe, sind nach diesen Grundprincipien eingerichtet.

Pfeifen.

§. 1864. Die Pfeifen erzeugen ihre Töne durch Verdichtungs- und Verdünnungswellen. Die Reflexion an festen Körpern oder an der äusseren Atmosphäre und die hierdurch bedingte Interferenz der fortschreitenden und der rücklaufenden Wellenzüge führen häufig zu stehenden Wellen, zu Knoten und Bäuchen, die sich hier auf die Dichtigkeitszustände und nicht auf die queren Ausweichungen beziehen. Eine an beiden Enden offene und eine an einem Ende geschlossene oder eine gedeckte Pfeife können diesen Fall darbieten. Bleibt die Dichtigkeit der Luft an dem offenen Ende constant, schwingt sie hier, wie ein tönender fester Körper, isochronisch hin und her, so erzeugt sie in der umgebenden Atmosphäre Schallwellen eines musikalischen Tones. Offene Pfeifen liefern unter sonst gleichen Verhältnissen um so höhere Töne, je kürzer sie sind. Eine Verstärkung des Windes, d. h. eine grössere Spannung der zur Ansprache gebrauchten Luft, treibt die Tönung in die Höhe. Sie compensirt daher einen Theil der Pfeifenlänge. Bleiben die übrigen Bedingungen gleich, so giebt eine offene Pfeife

einen tiefsten Ton, der um eine Octave höher liegt, als der einer gedeckten von gleicher Länge. Jene hat dann den Knoten in der Mitte, während diese ihre Knotenfläche an dem geschlossenen Ende besitzt.

§. 1865. Alle Momente, welche die Fortpflanzungsgeschwindigkeit, mithin auch die Elasticitätsgrössen ändern, führen zu einem Wechsel der Tonbildung. Sinkt die Elasticitätsgrösse der Wände, indem man sie, wenn es möglich ist, unmittelbar abspannt oder das Gleiche durch Befeuchtung zu erreichen sucht, so vertieft sich die Tönung unter sonst übereinstimmenden Nebenbedingungen. Sie steigt dagegen, wenn die in der Pfeife enthaltene Luft mehr als die benachbarte Atmosphäre erwärmt wird. Man erhält den gleichen Erfolg, wenn man mit einem Gase von grösserer specifischer Expansivkraft arbeitet. Da die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles in Kohlensäure 261,6 Meter, also kleiner als in der Atmosphäre ist (§. 1802), so wird eine Pfeife, die Ausathmungsluft enthält, tiefer klingen, als wenn sie reine Atmosphäre von gleicher Temperatur, Dichtigkeit und Feuchtigkeitssättigung einschlösse.

Zungenwerk.

§. 1866. Man stellt ein Zungenwerk her, wenn man ein Wind- oder ein Anspruchsrohr, Fig. 415, mit einer oder mehreren elastischen Platten oder Zungen deckt und nur eine kleine Durchgangsöffnung übrig lässt. Ist ein resonirender Behälter oberhalb der Zungenspalte angebracht, so nennt man ihn ein Corpus des Zungenwerkes. Er kann einfach bleiben oder in ein mehrfaches Corpusrohr durch Theilung übergehen. Die Lockpfeifen, die Clarinette, die Hoboe, die Zungenpfeifen der Orgel sind verschiedenartige Beispiele von Zungenwerken.

Fig. 415.

§. 1867. Das Material der starren aus Metallblättern bestehenden Zungen liefert an und für sich eine für dieselbe Temperatur beständige Grösse des elastischen Widerstandes, der ihre Schwingungen wesentlich bestimmen hilft. Die Stärke des an ihnen vorübergehenden Luftstromes kann die Wirkung insofern ändern, als seine lebendige Kraft die Grösse der elastischen Ausweichung und daher auch die der Gegenwirkung feststellt. Die häutigen Zungen bedürfen eines gewissen Grades äusserer Anspannung, weil ihr weniger starres Material die nöthige Elasticitätswirkung erst durch äussere Zuggewichte erreichen kann. Ihre beträchtlichere Veränderlichkeit unter dem Einflusse der Temperatur und der aufgenommenen Feuchtigkeit und ihre unvollkommenere Elasticität führen häufig zu Schwankungen, die das verhältnissmässig unveränderlichere Material der festen Zungen nicht darbietet. Die lebendige Kraft des Windes kann auch hier die Spannung und die elastische Reaction vergrössern und den Flächeninhalt der Durchgangsöffnung merklich ändern.

§. 1868. Man hat sich die Thätigkeit der Zungen auf zweierlei Weise zu erklären gesucht. W. Weber, Masson, Longet, Sondhauss leiten die Tönung von den Stössen der durch die Zungenspalte getriebenen Luft her. Joh. Müller und zum Theil Harless sehen die Schwingungen der Zungenblätter als die Hauptsache an.

Geht ein Flüssigkeitsstrom durch eine kleine, von elastischen Wänden begrenzte Oeffnung, so bildet er keinen ununterbrochenen oder gleichförmigen Strahl. Er besteht vielmehr aus einer Reihe discontinuirlicher Massen,

von denen jede die benachbarte Atmosphäre stösst, oder gleicht einem Stabe, dessen Oberfläche der Länge nach erschüttert und zu Tönen bestimmt wird. Sind diese Impulse isochronisch und folgen sie rasch genug hinter einander, so entstehen Schallwellen, deren Tonhöhe von der der Zeiteinheit entsprechenden Menge der Stösse abhängt. Die elastischen Eigenschaften der Begrenzungsränder oder der Zungen können sich hierbei in mehrfacher Hinsicht betheiligen. Ihre eigenen Schwingungen erzeugen zwar einen Ton. Er fällt aber in den gewöhnlichen Zungenwerken so schwach aus, dass er vor der durch den Luftstrom bedingten Tönung zu verschwinden pflegt. Das Spiel der Zungen bestimmt dagegen die Grösse der Durchgangsöffnung, die Geschwindigkeit, die Art des Ausflusses und die lebendige Kraft der durchgezwängten Luftmassen in wesentlicher Weise. Diese Einflüsse erklären es, weshalb eine grössere Spannung der Zungen nicht nur den Klang und die Stärke der Töne ändert, sondern auch die Tonhöhe vergrössert und eine Erweiterung der Durchgangsöffnung eine Tonvertiefung zur Folge hat. Die Zunahme der Spannung oder der Geschwindigkeit des durchgetriebenen Luftstromes kann die Spannungsabnahme der Zungen compensiren. Bleibt die Durchgangsöffnung unverändert, so erhöht die grössere Windstärke die Tonbildung, und zwar im Allgemeinen im Verhältniss der Zunahme der Geschwindigkeit oder der Quadratwurzel der Druckhöhe (§. 458).

Theile der Stimmwerkzeuge.

Fig. 416.



§. 1869. Die Labilitätsverhältnisse, welche die Vielseitigkeit unserer Körperorgane vergrössern, bedingen es, dass die Stimmwerkzeuge in verschiedenen Richtungen thätig sind. Ihr Mechanismus stimmt aber im Allgemeinen mit dem eines Zungenwerkes am meisten überein. Die unteren Stimmbänder (*Ligamenta thyreo-arytaenoidea inferiora*) (*ee*, Fig. 416) bilden die Zungen, welche die Stimmritze (*Glottis*) (*i*, Fig. 14 S. 47) als Zungenspalte offen lassen. Die oberen Stimmbänder (*Ligamenta thyreo-arytaenoidea superiora*) (*ff*, Fig. 283), die seitlich und unter ihnen gelegenen Morgagni'schen Taschen (zwischen *e* und *f*) und der Kehldeckel (*Epiglottis*) (*d*) sind nur Hülfsapparate, die auf den Klang wesentlich einwirken. Das Zungenwerk befindet sich in dem Stimmkasten des Kehlkopfes, *ab*, Fig. 417. Dieser hat unten die Luftröhre als Windrohr und die Lungen als Blasebalg. Das doppelte Ausgangsrohr der Mund- und der Nasenhöhle (*cd* und *fa*, Fig. 14 S. 47) entspricht einem zweifachen Corpusrohre, in das sich das ursprünglich einfache Ansatzstück des Pharynx (*gl*) theilt.

Fig. 417.



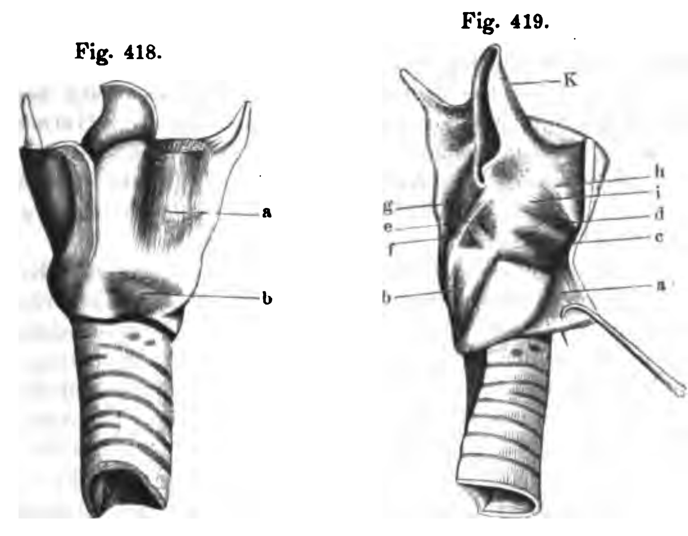
Kehlkopfmuskeln.

§. 1870. Wie der Musiker die Tonhöhen seines Instrumentes ändern kann, indem er die Saiten anzieht, die Zungen spannt oder die Grössen der Durchgangsöffnungen des Luftstromes wechseln lässt, so leisten die kleineren Kehlkopfmuskeln ähnliche Dienste

für die unteren Stimmbänder und die Stimmspalte. Sie wirken zunächst auf die elastisch verbundenen Knorpelstücke des Kehlkopfes, an welche die häutigen Zungen unseres Stimmorganes geheftet sind.

§. 1871. Die Fig. 418 und 419 gezeichneten kleineren Kehlkopf-

Fig. 418. Fig. 419.



muskeln beherrschen die Stimmbänder und die Stimmritze, indem sie die verhältnissmässige Stellung des Schildknorpels (*b*, Fig. 417), des Ringknorpels (*aa*, Fig. 417) und der Giessbeckenknorpel (*cc*, Fig. 416) bestimmen und die gegenseitigen Abstände der Ansatzpunkte der unteren Stimmbänder (*ee*, Fig. 416) an den Schildknorpel und die Giesskannenknorpel ändern können. Da alle diese Verkürzungsgebilde, mit Ausnahme des queren Giessbeckenmuskels (*Arytaenoideus transversus*) (*e*, Fig. 419), paarig sind, so dass jedes der beiden Stimmbänder seine vollständig gesonderte Muskelgruppe hat, so können die beiden Zungen möglicher Weise gleich- oder ungleichartig gespannt werden und die Stimmritze seitlich symmetrische oder asymmetrische Formen annehmen, je nachdem die entsprechenden Muskeln der beiden Seitenhälften congruent arbeiten oder nicht.

§. 1872. Der Ring-Schildknorpelmuskel (*Crico-thyreoideus*) (*b*, Fig. 418) und der hintere Ring-Giessbeckenmuskel (*Crico-arytaenoideus posticus*) (*b*, Fig. 419) ziehen das entsprechende Stimmband nach entgegengesetzten Richtungen. Sie spannen es daher, sobald sie gleichzeitig wirken. Jeder dehnt es, wenn der entgegengesetzte Endpunkt fixirt ist. Der Schild-Giessbeckenmuskel (*Thyreo-arytaenoideus*) (*d*, Fig. 419) und der seitliche Ringgiessbeckenmuskel (*Crico-arytaenoideus lateralis*) (*c*) führen die Ansätze des Stimmbandes einander entgegen. Sie können es daher mehr verkürzen und abspannen, als die Elasticität der Kehlkopfbänder gestattet, oder über die gewöhnliche Ruhelage hinaus verändernd eingreifen. Die Muskelfasern des Schildgiessbeckenmuskels ziehen sich in den Hohlraum der Falte der Kehlkopfshaut, deren innerster Abschnitt die freien Randtheile der unteren Stimmbänder bildet. Verkürzen sie sich, so können sie die Form der Stimmbänder ändern, der Anspannung, vorzüglich des äusseren Theiles, entgegenwirken, und die

Elasticitätsgrösse desselben insofern nach und nach variabel machen, als die Ermüdung den Elasticitätscoëfficienten herabsetzt (§. 1733).

§. 1873. Während die erwähnten Muskeln die Form der Stimmritze nur bei einem gleichzeitigen Längen- und Spannungswechsel der Stimmbänder ändern, setzen der quere und die schiefen Giessbeckenmuskeln (*Arytaenoideus transversus*, *e*, Fig. 419, und *Arytaenoidei obliqui*, *fg*) diese Nebenbedingung nicht voraus. Indem sie den hinteren Abschnitt der Stimmritze schliessen, kann ein vorderer Theil derselben offen bleiben. Da dieser eine besondere Bedeutung für die Stimmbildung hat, so nennt man ihn die Stimmspalte (*Glottis vocalis s. interligamentosa*). Der hintere Abschnitt wird häufig mit dem unpassenden Namen der Athmungsspalte (*Glottis respiratoria s. interarytaenoidea*) bezeichnet, obgleich die Stimmspalte bei dem gewöhnlichen Athmen offen bleibt.

Form der Stimmritze.

§. 1874. Die blosse anatomische Betrachtung der einzelnen Kehlkopfmuskeln genügt nicht, theoretisch zu bestimmen, welche Stimmritzenform bei der Thätigkeit der Muskeln herauskommt, weil die Combination der gleichzeitigen Arbeit der einzelnen Muskeln und Muskelabtheilungen, der Wechsel der Kraftgrössen, der Zugrichtungen und der ursprünglichen Stellungen die verschiedensten Gestaltungen möglich machen. Die Anspannung der Stimmbänder und die Verengerung der Stimmritze fallen auch keinesweges immer zusammen. Die *Crico-thyreoidei* (*b*, Fig. 418) und die *Crico-arytaenoidei postici* (*b*, Fig. 419) dehnen die Stimmbänder. Jene verengern aber die Stimmritze, während diese vorzüglich ihren hinteren Theil zu erweitern suchen. Die *Arytaenoidei transversus* (*e*, Fig. 419) und *obliqui* (*fg*) können hier verbessernd eingreifen. Diese wirken zunächst auf die Athemspalte. Die Verengerung der Stimmspalte wird mit erhöhter Spannung durch die *Crico-thyreoidei*, mit verminderter durch die *Crico-arytaenoidei laterales*, und mit Verdickung der Aussenabtheilungen durch die *Thyreo-arytaenoidei* erzeugt.

Tonbildung des todten Kehlkopfes.

§. 1875. Man kann den todten Kehlkopf so ansprechen, dass bestimmte Töne zum Vorschein kommen. Der Flächeninhalt der Stimmritze darf dann eine gewisse Grösse nicht überschreiten und die Spannung der Stimmbänder und die Stärke des Windes müssen angemessene Werthe darbieten. Man kann aber nicht die auf diesem Wege erhaltenen Resultate auf die Verhältnisse des lebenden Körpers ohne Weiteres übertragen oder Einzelberechnungen zum Grunde legen. Die todten Theile besitzen andere Elasticitätscoëfficienten als die lebenden. Die künstliche Anspannung führt zu einseitigeren Zugrichtungen. Man ist auf diesem Wege im Stande, zum Theil günstigere Bedingungen, als im Leben möglich sind, herzustellen. Die Stimmbänder des todten Kehlkopfes geben daher häufig eine grössere Breite der möglichen Höhendifferenzen der Töne, als der Mensch singen konnte. Die Vorzüge des Kehlkopfes des besten Sängers würden sich wahrscheinlich in solchen am Leichname angestellten Untersuchungen gar nicht oder nur unvollkommen erkennen lassen.

§. 1876. Joh. Müller bewies zuerst, dass ein ausgeschnittener Kehlkopf, dem man alle oberhalb der unteren Stimmbänder gelegenen Organe genommen hat, der also nur ein einfaches häutiges Zungenwerk bildet, mehrere Octaven liefern kann, wenn man die Stimmbänder entsprechend anspannt und die Windstärke conform oder compensirend einrichtet (§. 1868).

Fig. 420 zeigt den grössten Theil des Apparates, den Harless [46]) zu diesem Zwecke aufstellte. Die vier zum Theil bei *hh* sichtbaren Schnüre fixiren

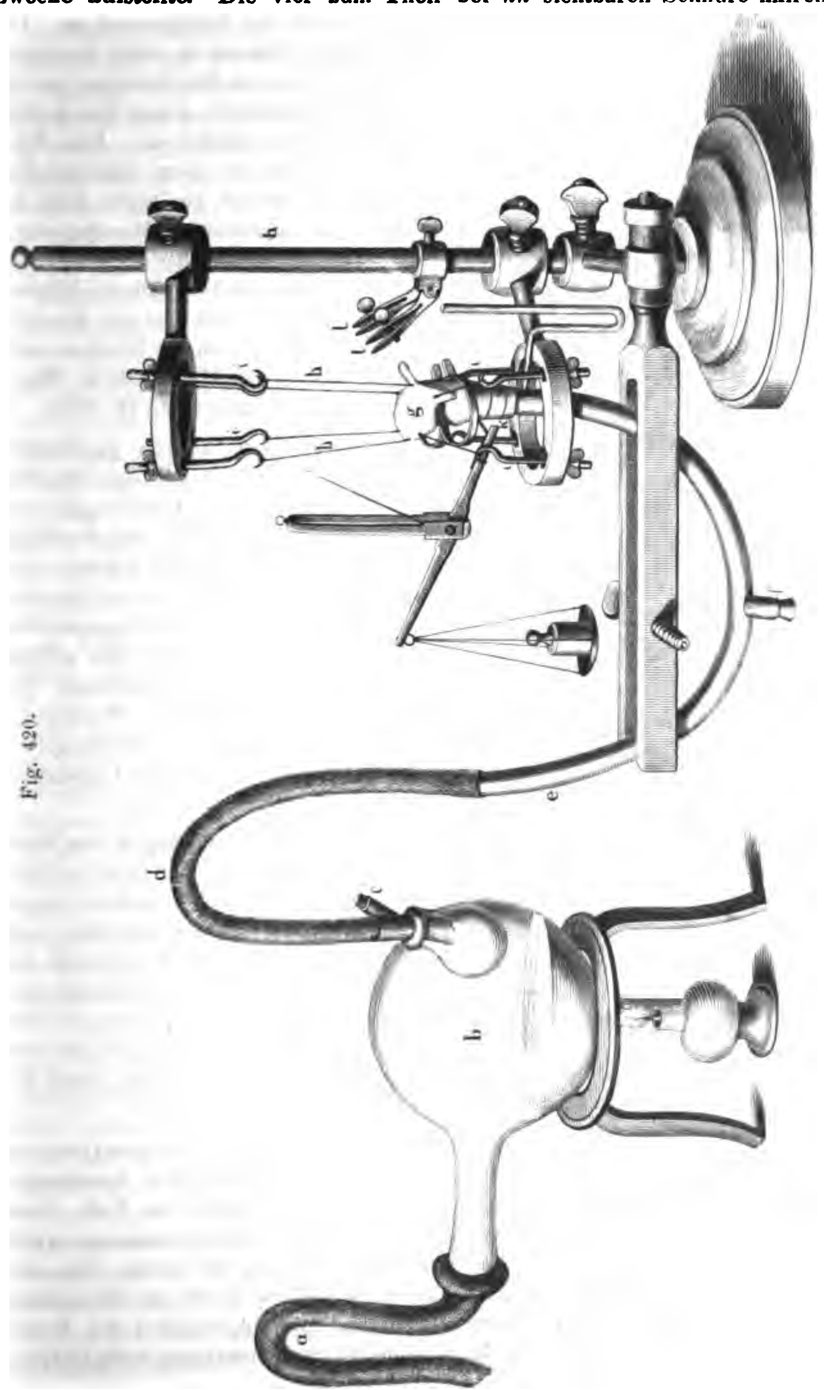


Fig. 420.

den Schildknorpel *g* mittelst der entsprechenden Stellschrauben *ii*. Das mit einem Wagebalken in Verbindung stehende Stück *k*, dessen Zug durch aufgelegte Gewichte beliebig geändert wird, greift den Ringknorpel an. Die Giessbeckenknorpel werden durch einen eigenen Apparat in einer beabsichtigten Stellung an *ll* befestigt. Legt man eine grössere Beschwerung auf die Wagschale, so führt *k* den Vordertheil des Ringknorpels gegen den Schildknorpel, und spannt auf diese Art die Stimmbänder stärker an. Der Wind geht von dem Anfange des Anspruchsrohres *a* durch einen mit warmem Wasser gefüllten Kolben *b*, so dass mit Wasserdampf gesättigte Luft die Kautschukröhre *d* und das mit dem Kehlkopfe verbundene Messingrohr *e* durchsetzt. Man verhütet auf diese Art das Austrocknen der Stimmbänder, hat aber dafür den Nachtheil, dass man mit einem unbeständigen Wärmegrad, der die elastische Beschaffenheit des Zungenwerkes und die Tonhöhe (§. 1865) wechseln lässt, arbeitet. *c* dient zum Eingiessen des frischen und *f* zum Ablassen des überdestillirten Wassers. Das unter *il* befindliche Manometer zeigt den Druck des vorüberstreichenden Gasstromes an (§. 674).

§. 1877. Wollte Müller die natürlichen Corpusröhren gleichzeitig benutzen, so bediente er sich der Fig. 421 dargestellten Vorrichtung. Die Giessbeckenknorpel waren befestigt. Die mit der Wagschale in Verbindung stehende Schnur *e* zog den Schildknorpel nach aussen und spannte daher die Stimmbänder. Ein Compressorium *d* rückte sie so zusammen, dass die nöthige Schmalheit der Stimmritze herauskam. Das in der Luftröhre eingebundene Windrohr *f* leitete den Gasstrom durch den Kehlkopf *cb*, den Pharynx *a* und das doppelte Corpusrohr der Mund- und der Nasenhöhle.

Fig. 421.



Umfang der Tonhöhen.

§. 1878. Die Beobachtungen von Müller lehrten schon, dass man alle Gebilde, die über den unteren Stimmbändern liegen, und den grössten Theil der Luftröhre entfernen kann, ohne dass die Möglichkeit der Erzeugung eines ausgedehnten Tonregisters beseitigt wird. Man erhält mehr als zwei Octaven, wenn man die Spannung durch Zuggewichte allmälig vergrössert. Die künstliche Abspannung, die eine Reihe tieferer Töne giebt, kann die Breite der Tonskale noch mehr erweitern.

Einfluss der Spannung.

§. 1879. Sollten die Stimmbänder den für die Saiten gültigen Gesetzen folgen, so müsste die Tonhöhe mit der Quadratwurzel der Spannungsgewichte zunehmen (§. 445). Dieses ist in der Regel nicht der Fall. Man erhält meistentheils tiefere Töne. Ein viermal so grosses Spannungsgewicht pflegt nicht die Octave, sondern eine niederere Tönung zu liefern. Die einseitige Wirkung des Zuggewichtes, das die einzelnen Theile der Stimmbänder ungleichförmig zu verschieben sucht, und die Ungleichheit der Windstärke können hier leicht eine Reihe scheinbarer Ausnahmen herbeiführen.

Hat die An- oder die Abspannung ein gewisses Maximum erreicht, so geht die Tonbildung verloren.

§. 1880. Deckt man die äusseren Theile der Stimmbänder, so dass die Schwingungen auf die inneren Abschnitte beschränkt bleiben oder schmälere Zungen hergestellt werden, so erhöht sich der Ton. Berühren sich einzelne Stellen der Innenränder oder sind andere Bedingungen der Theilung oder der Knotenbildung vorhanden, so kommt das Gleiche zum Vorschein. Werden die beiden Stimmbänder ungleich angespannt, so wirkt die Resultante der Schwingungen beider auf die Tonbildung ein. Sie kann aber auch nur von dem Einflusse der stärker gespannten Zunge abhängen, während die andere keine merkliche Tönung bedingt. Die absoluten und die relativen Werthe der Spannungen und der Windstärke entscheiden in dieser Hinsicht die zum Vorschein kommenden Erfolge.

Windspannung.

§. 1881. Die Spannung der durchgetriebenen Luftsäule oder die Stärke des Windes kann einen Theil der Spannung der Stimmbänder innerhalb gewisser Grenzen ausgleichen. Man erhält daher höhere Töne bei stärkerem Winde und tiefere bei schwächerem. Da aber eine schwächere Spannung der Stimmbänder eine Erweiterung der Stimmritze bei gleicher Windstärke begünstigt, so stösst man auf verwickeltere Beziehungen, für die noch kein scharfer mathematischer Ausdruck gefunden worden. Trocknet der Luftstrom die Stimmbänder aus, so werden die Töne nach und nach schwächer. Sie gehen zuletzt gänzlich verloren.

Stimmritzenform.

§. 1882. Hat man die Athemspalte geschlossen und die Stimmspalte zu einer schmal elliptischen Gestalt zurückgeführt, so spricht der todte Kehlkopf am leichtesten an. Die Form und die Grösse der Stimmritze wirken auf die Geschwindigkeit des Gasstromes wesentlich ein. Gehen sie mit einer Spannungsveränderung der Stimmbänder parallel, so wechseln auch die Elasticitätsgrössen und die Widerstände der Zungen. Die Variation der Gestaltung der Stimmritze kann daher die Tonhöhe mittelbar bestimmen. Wird die Glottis so schmal, dass sich einzelne Stellen der Innenränder der Stimmbänder wechselseitig berühren, so führt die Theilung zu höheren Tonbildungen, wenn die Stimmbänder in aliquoten Abschnitten isochronisch schwingen können. Man bekommt daher höhere Töne, sowie man nicht bloss die Athemspalte, sondern auch den vorderen Abschnitt der Stimmritze geschlossen hat.

Windrohr.

§. 1883. Die Verlängerung des Ansatzrohres kann die Tönung einer Orgelpfeife vertiefen. Dieser Umstand hat dagegen keinen Einfluss auf die Tonhöhe der Stimmbänder, wenn die Spannung derselben und die Windstärke unverändert bleiben. Rinne sucht die Ursache des Unterschiedes in der grösseren Nachgiebigkeit der Stimmwerkzeuge. Diese Eigenschaft gestattet es nicht, dass sich eine eigenthümliche Wirkung der Luftsäule zu der der Zungen hinzugesellt und einen neuen resultirenden Ton, der mit der Länge des Ansatzrohres tiefer wird (§. 1864), zum Vorschein bringt. Die Verengerung der unter oder über den unteren Stimmbändern befindlichen Räume kann, nach Harless, zur Erhöhung des Tones beitragen, wenn die Grenzen der Windstärke, innerhalb derer ein Ton anspricht, verhältnissmässig klein bleiben.

Zungenthätigkeit.

§. 1884. Die blossgelegte Glottis eines lebenden Menschen oder Säugethieres verengt sich bei der Stimmbildung zu einer langen und schmalen Spalte, die sich auf die Stimmglottis allein beschränkt oder sich längs der ganzen Länge der Stimmritze ausdehnt. Man sieht die Schwingungen der Stimmbänder, wenn kräftige Töne angeschlagen werden. Befindet sich Schleim zwischen ihnen, ist das eine untere Stimmband zerschnitten, oder sind die Muskeln desselben gelähmt worden, so erscheint die Stimme schwächer und matter. Erst die Verletzung der beiden Stimmbänder hebt sie gänzlich auf.

Obere Stimmbänder und Taschen.

§. 1885. Es ist bis jetzt nicht gelungen, die Bedeutung der oberen Stimmbänder (*ff*, Fig. 416 S. 578) und der Morgagni'schen Taschen (zwischen *ee* und *ff*, Fig. 416) festzustellen. Hat man die oberen Bänder in Hunden oder Katzen durchschnitten, so bleiben noch die früheren Tonhöhen möglich. Da es die beträchtliche zwischen ihnen befindliche Spalte unmöglich macht, dass sie als Zungenwerk selbständig tönen, so darf man vermuthen, dass sie nur die Stärke und den Klang durch isochrone Schwingungen unterstützen. Die Taschen, die eine freiere Excursion der unteren Stimmbänder gestatten, scheinen die zur Tonerzeugung nöthige Windstärke nicht wesentlich herabzusetzen.

Kehldeckel.

§. 1886. Man kann die Rolle, die der Kehldeckel übernimmt, nicht genau angeben. Grenié beseitigte die durch die Vermehrung der Windstärke bedingte Tonerhöhung der Orgelpfeifen, indem er einen elastischen Deckel oberhalb der Zungen anbrachte. Manche Forscher schrieben daher einen ähnlichen Einfluss dem Kehldeckel zu. Ein stärkerer Wind vergrössert aber, nach Müller, die Tonhöhe, die Epiglottis mag übergeklappt sein oder nicht. Mayer und Noeggerath sahen in einem Menschen, dessen Kehldeckel nach einer Verwundung frei lag, dass er sich bei den höchsten Tönen wagerechter legte und an den Seitenrändern einrollte.

Resonanzwerkzeuge.

§. 1887. Alle Theile der Stimmwerkzeuge von der Brust bis zu dem doppelten Ausgangsrohre der Mund- und der Nasenhöhle können einen wesentlichen Einfluss auf die Stärke und den Klang der Töne ausüben. Muskelthätigkeiten ändern auch häufig zu diesem Zweck die Grösse der Spannungen, die Form und die Lage der einzelnen Abschnitte. Die Wissenschaft ist noch nicht im Stande, die hier in Betracht kommenden Verhältnisse genügend zu erläutern. Reflexionen und isochrone bebende Resonanzen verbinden sich in diesen Fällen zu gemeinschaftlichen Wirkungen.

Ansatzröhren.

§. 1888. Der Kehlkopf geht häufig bei hohen Tönen hinauf. Der untere Schlundkropfschnürer (*i*, Fig. 18 S. 51) soll dabei die Spannung der Stimmbänder nach der Annahme von Segond unterstützen. Der vorherrschende Gebrauch der einen der beiden Corpusröhren, der Mund- oder der Nasenhöhle, führt zu verschiedenen Klangweisen, die wir als Gaumen- und Nasentöne bezeichnen. Der weiche Gaumen und die Zunge stellen sich so ein, dass sie den Durchfluss der Gasmassen durch die Mundhöhle reguliren. Die Verschiedenheit der Stärke und der Höhen der Töne führt hierbei zu mannigfachen Anordnungen. Das Zäpfchen geht z. B. bei hohen und intensiven Tonbildungen in die Höhe. Sichtliche Schwingungen des weichen Gaumens kommen bei wiederholten Stössen, z. B. des Trillerns in starken Tönen, zum Vorschein. Die bebende Resonanz der Corpushöhle

des Nasenrohres erzeugt, nach Harless, den eigenthümlichen Nasenklang, während die blosse starke Reflexion die Tönung ohne Klangveränderung verstärken hilft.

Einathmungstöne.

§. 1889. Die gewöhnliche Ton- und Lautbildung benutzt die Ausathmung zu ihren Zwecken. Das Schluchzen (§. 670) lehrt aber schon, dass auch die Einathmung Töne erzeugen kann. Die Bauchredner brauchen oft Einathmungstöne, um die Zuhörer durch die Höhe und den Klang ihrer Laute zu täuschen.

Druck der Stimmtöne.

§. 1890. Die schwächste Tonbildung fordert einen stärkeren Druck als die gewöhnliche ruhige Ausathmung (§. 676). Das Manometer, das man in die Luftröhre des todten Kehlkopfes eingeführt hatte, lieferte im Allgemeinen, nach Müller, 1 bis 10 Millimeter Quecksilber, je nachdem man piano oder fortissimo ansprach. Cagniard Latour fand 9,6 Millimeter Quecksilber für mittelstarke Tonbildungen eines Menschen, der eine Luftröhrenfistel besass.

Umfang der Tonhöhen.

§. 1891. Eine gewöhnliche gute Gesangstimme pflegt bis $2\frac{1}{2}$ Octaven zu umfassen. Ausgezeichnete Sängerinnen liefern aber einen um eine Octave grösseren Umfang der Tonhöhen.

Stimmarten.

§. 1892. Der Bass, der Baryton, der Tenor, der Alt und der Sopran unterscheiden sich nicht bloss durch die Höhe, sondern auch durch den Klang der Töne. Dieses erklärt, weshalb man die gemeinschaftlichen Grenztöne in mehreren Stimmweisen hervorbringen kann. Fig. 422 giebt eine übersichtliche Darstellung der Umfangsgrössen, wie sie viele praktische Musiker annehmen.

Fig. 422.

Bafs. Baryton. Tenor.

Alt. Mezzo-Sopran. Sopran.

E a — Bass. A $\bar{f}$ — Baryton. c $\bar{a}$ — Tenor. $\bar{f}$ $\bar{\bar{f}}$ — Alt. $\bar{c}$ $\bar{\bar{\bar{c}}}$ — Sopran.

Die hier auftretenden Zwischentöne bilden Uebergangsstufen, die man der einen oder der anderen Tonart nach Verschiedenheit der Stärke und des

Klanges zuschreibt. Andere Musiker, die sich mehr an die Möglichkeit der Tonbildungen der einzelnen Sänger halten, lassen den Bass bis f und den Tenor bis c hinaufreichen, so dass c d e f den verschiedenen Stimmarten zukommt. Ausgezeichnete Bassisten konnten bis f hinab- und vorzügliche Sängerinnen von c bis f hinaufgehen.

§. 1893. Der tiefste Ton c einer 32 fussigen oder 10,03 Meter langen Orgelpfeife macht in der Secunde 16,57 ganze oder 33,15 halbe oder einfache Schwingungen. Legt man diesen Werth zum Grunde, so entspricht das tiefste E der Menschenstimme 165 und das höchste c 2112 einfachen Schwingungen (§. 1856). f hat 88 und f 2816. Die gewöhnliche Gesangstimme der Männer liegt zwischen 396 und 1584, und die der Frauen und Kinder zwischen 594 und 2112 Oscillationen für jede Secunde.

Mutiren der Stimme.

§. 1894. Kinder und Frauen singen im Allgemeinen in höheren Stimmarten, in Discant, Sopran und Alt, als Männer, deren natürliche Stimmweisen der Tenor, der Baryton oder der Bass bilden. Eine auffallende Veränderung der Stimmwerkzeuge und besonders eine rasche Vergrösserung der Stimmkastengebilde oder des Kehlkopfes begleiten die regelrechte Pubertätsentwickelung. Der rasche Uebergang führt vorzüglich in Jünglingen zur Zwischenperiode des Brechens oder des Mutirens, d. h. zu einer Einrichtung der Stimmwerkzeuge, während der nur unreine Stimmtöne zum Vorschein kommen. Werden in dieser Zeit die Gesangübungen fortgesetzt, so kann die Reinheit der Stimme für immer verloren gehen. Fehlt die Geschlechtsentwickelung, z. B. in Castraten oder unter krankhaften Nebenbedingungen, so bleibt die Stimme hoch und gewinnt nur an Stärke. Die Rede- und Gesangweise des Mannes springt leicht aus den Falsett- in Basstöne über. Weibliche Castraten, Frauen mit mannähnlicher Körperentwickelung, haben oft tiefere Barytonstimmen. Wird der Kehlkopf in höheren Jahren starrer, so geht auch die Reinheit der Stimme verloren. Die bebenden Schwingungen der Theile und die geringere Ausdauer der Muskelkräfte geben ihr etwas Zitterndes, sobald länger anhaltende Töne, die viel Aufwand fordern, hervorgebracht werden.

§. 1895. Eine genügende Erklärung dieser Erscheinungen wird erst möglich werden, wenn die Wissenschaft eine mathematische Theorie der Stimmbildung und hinreichend genaue physikalische Bestimmungen der Grössen, der Formen und der elastischen Eigenschaften aller Theile der Stimmorgane und der Muskelwirkungen besitzen wird. Die Angaben, dass alle Dimensionen der unteren Stimmbänder im Kinde kleiner als im Erwachsenen sind, dass sich ihre Längen wie 1 : 1,7 vor und nach der Pubertät im männlichen und wie 1 : 1,4 im weiblichen Organismus, endlich wie 1 : 1,3 in der Frau und dem Manne verhalten, lassen sich physiologisch nicht verwerthen.

Brust- und Fistelstimme.

§. 1896. Die bis jetzt gelieferten Erläuterungsversuche der **Brust-**, der **Fistel-** und der **Kopfstimme**, der **hellen** und der **verhüllten Stimme** beruhen zum Theil auf subjectiven hypothetischen Vorstellungen. Da sich die Bruststimme in tiefen und die Fistelstimme in hohen Registern

bewegt, so wird jene niedere Spannungen der Stimmbänder und meist auch eine grössere Weite der Stimmritze voraussetzen. Die durch die Windstärke gegebene Compensation kann vorzüglich für die Grenztöne wesentlich eingreifen. Lebhafte bebende Schwingungen der Brust begleiten die starke Klangweise der Bruststimme. Die Luft tritt, nach Garcia, verhältnissmässig langsamer heraus. Man pflegt anzunehmen, dass nur die inneren Randstücke der gespannten Stimmbänder bei der Fistelstimme schwingen. Eine ungleiche schwache Spannung und theilweise Deckung der Stimmbänder des todten Kehlkopfes führt, nach Harless, ebenfalls zu Fisteltönen. Dieser Forscher glaubt daher das §. 1894 erwähnte Ueberspringen von tiefen Brust- zu Fisteltönen aus einer solchen unregelmässigen Wirkungsweise herleiten zu können. Die Kopfstimme soll auf dem Gebrauche einer stärkeren Spannung der Stimmbänder und einer geringeren der Luftsäule, oder einem schwächeren Winde beruhen. Das Gaumensegel senkt sich, nach Garcia, bei den hellen Stimmtönen und geht bei der gedämpften Tönung in die Höhe. Eine grössere Höhe der Noten verbindet sich in dem ersteren Falle mit einer Erhebung des Kehlkopfes, einer Verschmälerung der Rachenenge und einer geringen Streckung des Kopfes, während die gedämpfte Tönung den Kehlkopf ruhiger lässt und sonst von den entgegengesetzten Nebenbedingungen begleitet wird.

Theorie der Stimme.

§. 1897. Longet und Masson [47]) halten die Conformation der über den unteren Stimmbändern gelegenen Corpustheile des Kehlkopfes für ein wesentliches Bedingungsglied nicht bloss der Klangweise, sondern auch der Stärke und der Höhe der Töne. Die Stimme entsteht, nach ihnen, durch den stossweisen Austritt der Luft, die sich durch die mit elastischen Rändern versehene Stimmritze drängt. Diese Art von Tönung, die an und für sich schwach ist, wird durch ein aufgesetztes Resonanzrohr wesentlich verstärkt. Bleiben die übrigen Verhältnisse gleich, so giebt es immer eine entsprechende Breite der Windstärke, welche die Stärke, nicht aber die Höhe des Tones verändert. Eine Ueberschreitung des Maximum führt zu einer Erhöhung der Tonbildung. Die wechselnde Grösse der Athmungsspalte bestimmt die Stromstärke, so dass der gleiche Ton mit verschiedener Intensität gegeben werden kann. Die über den unteren Stimmbändern gelegenen Kehlkopftheile verstärken und reguliren die Töne. Hat man den lebenden Kehlkopf oberhalb der unteren Stimmbänder durchschnitten, so soll, nach Longet, kein Stimmton mehr möglich sein. Aendert man die Form oder Grösse der Corpusgebilde, so wechseln auch die Tönungen. Ihre Wirksamkeit falle bei der Bruststimme so aus, dass man im Ganzen ein Rohr hat, dessen Accommodation dem Grundton der ganzen schwingenden Luftsäule entspricht. Wird dagegen die Fistelstimme angegeben, so hebt sich der vordere Rand des Ringknorpels. Die Stimmbänder und die Wände der Morgagni'schen Taschen spannen sich in hohem Grade. Man hat auch hier isochrone Schwingungen der oberen und der unteren Theile. Es entstehe aber ein Schwingungsknoten in der Ebene der oberen Stimmbänder.

Diese Vorstellungen streiten gegen die Thatsache, dass die Stimmbänder des todten Kehlkopfes alle dem lebenden Menschen möglichen Tonhöhen liefern können, wenn selbst die über ihnen liegenden Theile entfernt worden (§. 1876). Die Corpusstücke bilden hiernach keine so nothwendigen Bedin-

gungsglieder, als jene Anschauungsweise voraussetzt. Die Frage, ob nur die Schwingungen der Stimmbänder oder die periodischen Stösse der Luftsäule bei dem Durchgange durch die Stimmritze die Hauptbedingung der Tonhöhe bilden, lässt sich auf die §. 1868 erwähnten Hypothesen der Zungenwirkungen zurückführen.

Schreien, Pfeifen.

§. 1898. Der stärkere Wind, der das Schreien begleitet, wird schon die Töne zu erhöhen suchen. Eine bedeutendere Anspannung der Stimmbänder gesellt sich wahrscheinlich immer hinzu. Die Lippenränder begrenzen bei dem Pfeifen eine enge Durchgangsöffnung, durch welche die Luft mit grosser Geschwindigkeit getrieben wird. Die durch die elastischen Ränder möglich gemachten Stösse verstärken sich durch die isochrone Resonanz der Gebilde der Mundhöhle. Das Zischen beruht auf einem weniger intensiven Klange der durch eine enge Spalte getriebenen Luftmasse. Während die Mundspalte offener bleibt, liefern hier der harte Gaumen und die Zunge, sowie die zwischen den Zähnen vorhandenen Lücken die nöthigen Durchgangsräume.

Sprachlaute.

§. 1899. Die Gestaltung und die Benutzungsweise der verschiedenen Corpustheile der Mund- und der Nasenhöhle bestimmen die einzelnen Sprachlaute, deren Ausdruck keine nothwendige Beziehung zur Tonhöhe darbietet. Man war bis jetzt nicht im Stande, die akustischen Gesetze, nach denen die eigenthümlichen, den Consonanten entsprechenden Geräusche zum Vorschein kommen, klar darzulegen. Willis machte nur den Versuch, die Ursache der mannigfachen Vocallaute wissenschaftlich aufzufassen.

Eine Saite, die in tiefen Tönen brummt, klingt in u, und eine, die hohe Töne angiebt, in i. Tonhöhe und Vocallaut bleiben hier in einfacher Beziehung. Brachte dagegen Willis ein Corpusrohr oberhalb einer schwingenden Zunge an, so liessen sich die verschiedensten Vocallaute erzeugen, je nachdem man die Ausgangsöffnung verkleinerte und vergrösserte oder die Pfeife verkürzte und verlängerte. Hörte man i bei der ursprünglichen Länge des Ansatzrohres, so erhielt man die Reihe i, e, a, o, u mit zunehmender Verlängerung. Eine weitere Ausdehnung des Nebenstückes führte zu der umgekehrten Ordnung u, o, a, e, i u. s. f. Die Stärke der Laute nahm aber immer mehr ab. Gab die Zunge u ursprünglich an, so verschwand dieser Vocal später aus der Vocalreihe, welche die Verlängerung des Ansatzrohres erzeugen kann. Die rasche Wiederholung des gleichen Tones erzeugt daher den Eindruck eines Vocales. Die Natur desselben kann aber mit der Tonhöhe, die das Ansatzrohr als offene Pfeife geben würde, oder mit dem Einflusse der secundären Impulse desselben wechseln.

§. 1900. Die physiologische Auffassung der Sprachlaute [48]) bildet die einzig sichere Grundlage der vergleichenden Philologie. Jeder Dialekt setzt eine gewisse Einstellungsweise der Sprachorgane voraus. Die eigenthümliche Lautirung vieler Vocale und Consonanten erklärt sich aus der zur Gewohnheit gewordenen Gebrauchsart der beweglichen Theile der Sprachorgane. Die Transformation eines Lautes einer gegebenen Sprache in die einer verwandten findet oft ihre natürliche Erläuterung in der gewohnten verwandten Mechanik der Einstellungsweise der Gebilde des Mund- oder des Nasenrohres. Es ergiebt sich daher von selbst, weshalb ein

Mensch, der eine fremde Sprache spricht, seinen Mutterdialekt durchklingen lässt, und sich Nationen, die eine mit einer vielseitigen Einstellungsmechanik versehene Muttersprache reden, in mehreren Sprachen am geläufigsten und reinsten ausdrücken.

§. 1901. Der Mensch verdankt seine Sprache keiner eigenthümlichen Organisation der Stimmwerkzeuge, sondern der höheren Nerventhätigkeit, welche die einzelnen Theile rascher, vielseitiger und zweckmässiger benutzen und sie als den Ausdruck geistiger Arbeiten verwerthen kann. Die Rede bildet deshalb den Spiegel der bewussten oder unbewussten Geistesberechnung, welche die Art der Aussprache, die Schnelligkeit des Wechsels und die Betonung der Laute bestimmt und eine eigene Melodie der Ruhe oder des Affectes auf diese Art herstellt. Ganze Völker, wie einzelne Individuen verrathen hierbei die Schnelligkeit der geistigen Auffassung und die Schärfe der Unterscheidung, zu denen die Anlagen, Erziehung und Gewohnheit geführt haben. Die optische und akustische Mimik, die das lebendige Wort vor dem geschriebenen auszeichnet, verleihen ihm auch die hinreissende Kraft, die es selbst bei geringerem Inhalte gewinnen kann.

Sprachmaschinen

§. 1902. Ausgezeichnete Geduld brachte es dahin, Sprachmaschinen, die alle Anerkennung verdienen, herzustellen. Hierher gehören die älteren Versuche von Kempelen und Kratzenstein, und vorzüglich der unserer Zeit angehörende Automat von Faber. Diese Figur, deren Laute durch eine Claviatur angegeben werden, redet rasch und deutlich in den verschiedensten lebenden Sprachen und hat ein Register von 12 Gesangtönen. Die mannigfachen Tonhöhen werden durch den Breitenwechsel der Stimmspalte und nicht durch die Variation der Spannung der Kautschuckzungen hervorgebracht.

Bauchreden

§. 1903. Die Bauchredner sprechen häufig in Einathmungstönen (§. 1889). Die hierbei erzeugten schwachen und hohen Töne klingen leicht wie Tonbildungen, die aus der Ferne kommen. Werden Ausathmungstöne gebraucht, so vertheilt der Redner häufig eine länger anhaltende Exspiration auf eine Reihe von Worten und ändert den Klang in eigenthümlicher Weise, um rücksichtlich der Entfernung zu täuschen. Das Bedecken des Gesichtes dient nur, die störenden Muskelbewegungen des Antlitzes dem Anblicke zu entziehen.

Stottern.

§. 1904. Das Stottern [49]) geht aus einer zweckwidrigen Gebrauchsart der Sprachwerkzeuge hervor. Krampfhafte Stösse und unpassende Einstellungsweisen bilden den sichtlichen Erfolg des Widerstreites des Willens und der Leistungen. Manche Laute versagen eine Zeit lang gänzlich. Andere werden zu oft wiederholt, bis endlich das beabsichtigte Wort mit einem explosionsmässigen Stosse hervorkommt. Die Ursache des Fehlers liegt fast immer in den centralen Nervengebilden, welche die Stimmwerkzeuge beherrschen. Verlegenheit des Geistes, Schreck, Furcht, Nachahmung und selbst blosse Affectation können zu Stottern führen und ein grösseres Selbstvertrauen dasselbe beseitigen. Ein kräftiger Wille, eine passende Erziehung oder eine erhöhete Geistesenergie, die sich oft im Laufe der Jahre von selbst findet, beseitigen häufig genug das Stottern. Vorrichtungen, durch welche die Zunge in bestimmten Stellungen eingezwängt

wird oder die Durchschneidung des Kinn-Zungenmuskels (*Genioglossus*) gehören nicht zu den rationell begründeten Heilmitteln.

Taubstummheit.

§. 1905. Die Sprachwerkzeuge der Taubstummen haben keinen Fehler, der die Sprachlosigkeit genügend erklärte. Die Ursache der Stummheit liegt vielmehr in dem Mangel der Gehörauffassung. Die Unmöglichkeit, die einzelnen Laute zu vernehmen und die passende Einstellung der Sprachorgane durch den Vergleich mit den erzeugten Lautbildungen zu erlernen, liefert die Hauptursache, weshalb der Sprachmangel die Gehörlosigkeit begleitet. Erwachsene, die vollkommen taub geworden, verlernen oft ihre Sprache im Laufe der Jahre, so dass sie zuletzt taubstumm werden oder nur noch einzelne Worte reden können.

Sinnesthätigkeiten.

Vorbereitende und empfindende Apparate.

§. 1906. Jedes Sinneswerkzeug besteht aus zwei Hauptstücken. Der vorbereitende Apparat nimmt die der Natur des Sinnesorganes entsprechenden Erregungen auf, verarbeitet sie in zweckmässiger Weise und überliefert sie dann den Nervengebilden, die ihre eigene hierdurch bedingte Veränderung auf das centrale Nervensystem übertragen und den ersten Anstoss zur Empfindung geben. Das Auge besitzt auf diese Art eine Reihe von Brechungskörpern; das Ohr eine Kette fetter und flüssiger Theile, welche die Schallwellen zuleiten; die Nase eine Empfangsfläche der Schleimhaut; die Zunge einen Ueberzug, der die schmeckbaren Stoffe aufnimmt, die Haut endlich Gewebeelemente, die unter dem Einflusse des Druckes oder der Temperatur verändert werden. Die mit dem Sehnerven verbundene Netzhaut des Auges, der Gehörnerv, der Geruchsnerv, der Geschmacksnerv und die empfindenden Hautnerven erzeugen die den einzelnen Eindrücken und ihren eigenen Centralwerkzeugen entsprechenden Rückwirkungen, welche die eigenthümlichen Empfindungen möglich machen.

Subjective u. objective Thätigkeiten.

§. 1907. Ein jeder Sinneseindruck kann von verschiedenartigen Ursachen herrühren. Wir nennen ihn objectiv, wenn die erste Erregungsbedingung ausserhalb des empfindenden Organismus liegt. Diese Art von Thätigkeiten belehrt uns über die äusseren Verhältnisse. Ein und dieselbe Veränderung kann dabei von einer Reihe von Menschen oder Thieren gleichzeitig aufgefasst werden. Alle nervösen Gebilde, welche Sinneseindrücke vermitteln, erregen aber auch eigenthümliche Empfindungen, wenn sie unmittelbar und nicht erst durch den Zwischenweg der vorbereitenden Apparate angesprochen werden. Druck, Wärme, elektrische Ströme, chemische Reize führen zu subjectiven Gesichts-Erscheinungen, wenn sie die Netzhaut, den Sehnerven oder die entsprechenden Centraltheile des Gehirns treffen. Der Hörnerv liefert Gehörempfindungen, die keiner äusseren Schallerregung entsprechen, wenn er mechanisch angesprochen wird. Aehnliche subjective Thätigkeiten kehren auch in den übrigen Sinnen wieder.

§. 1908. Kein Sinnesorgan beachtet die vor seinen nervösen Gebilden liegenden Theile unter regelrechten Verhältnissen. Das Auge sieht dann nicht seine eigenen Brechungskörper, fremdartige, halbdurchsichtige oder wenig beschattende Massen, die in ihnen schweben, Blutgefässe, die sie in mannigfachen Richtungen durchziehen. Es kommt aber unter künstlichen oder krankhaften Bedingungen vor, dass die Netzhaut einzelne dieser Körper zur Anschauung bringt. Der Name der objectiv-subjectiven Sinneserscheinungen, den man dieser Art von Phänomenen giebt, erklärt sich daher ohne Weiteres.

Objectiv-subjective Sinneserscheinungen.

§. 1909. Wir werden später sehen, dass die schmerzempfindenden Nervenfasern die Tasteindrücke vermitteln. Die Thätigkeit der eigenthümlichen Sinneswirkung und die der Schmerzenserregung oder die sensuelle und die sensible Function sind hier den gleichen Massen übertragen worden. Nur die Quantität des Eingriffes bestimmt den Erfolg. Die übrigen Sinneswerkzeuge besitzen mindestens zwei Gattungen von Nerven. Die sensuellen, wie der Sehnerv (*Nervus opticus*), der Gehörnerv (*Nervus acusticus*), der Riechnerv (*Nervus olfactorius*) und der Geschmacksnerv (*Nervus glossopharyngeus*), vermitteln die eigenthümlichen Eindrücke des Sehens, des Hörens, des Riechens und des Schmeckens. Eine Reihe anderer, meist von dem dreigetheilten Nerven (*Nervus trigeminus*) stammender Zweige versieht die Empfindlichkeit jener einzelnen Sinnesorgane. Besondere Tastnerven und vielleicht auch Ernährungsnerven sind daher jenen Sinnesapparaten accessorisch eingepflanzt.

Sensuelle und sensible Nerven.

§. 1910. Die Erkenntniss der Aussenwelt beruht auf der eigenthümlichen Uebersetzung der Centralgebilde unserer Sinneswerkzeuge. Entkleiden wir unsere Vorstellungen und Auffassungen der Färbung, welche ihnen die Organisation unseres Nervensystemes aufdrückt, so haben wir blosse Bewegungen der Aethermolecüle statt eines leuchtenden Weltalls, bestimmte rhythmisch wiederholte Ortsveränderungen der kleinsten Theilchen jener das Ganze durchdringenden Flüssigkeit statt der fesselnden Farbenpracht, und periodische Schwingungen der wägbaren Stoffe statt der hinreissenden Tonempfindungen. Wir können nicht bestimmen, wie sich die Auffassung der äusseren Eindrücke gestalten würde, wenn uns ein neues Sinnesorgan verliehen wäre. Der Kreis der uns möglichen Empfindungen umfasst nicht alle möglichen Variationen der äusseren Veränderungen. Wir können daher mit Sicherheit behaupten, dass wir die Natur nur bruchstücksweise wahrnehmen. Das Wenige aber, das unseren Organen zugänglich bleibt, gelangt auch nur zu unserem Bewusstsein, wie es der subjective Spiegel unserer Nervenorganisation wiedergiebt.

Wesen der Sinnesauffassung.

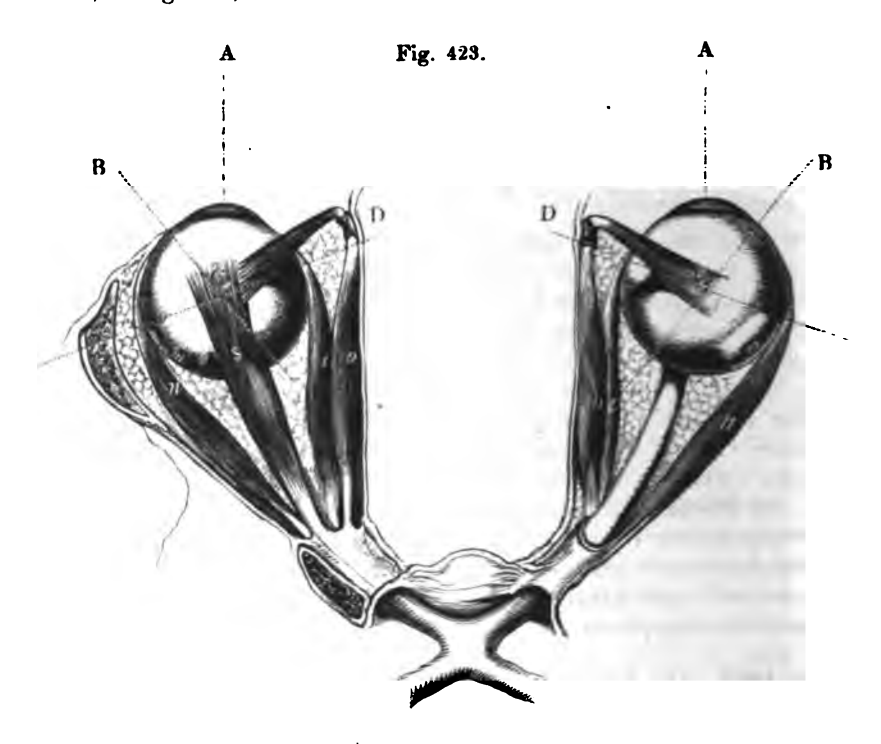
§. 1911. Sehen. — Das Auge bildet eine kugelähnliche Masse, die mit dem Sehnerven zusammenhängt (Fig. 423). Beide ruhen in dem Fette der Augenhöhle grösstentheils eingebettet. Die zwei Sehnerven vereinigen sich zu einem Mittelgebilde, dem *Chiasma opticum*, nachdem sie in die Schädelhöhle getreten, und setzen sich dann nach dem Gehirn fort, um zu den Seh- und den Vierhügeln zu gelangen (Fig. 423 a. f. S.).

Auge.

Augenmuskeln.

§. 1912. Der vordere, freie Theil des Augapfels enthält die Hornhaut, *Cornea*, *A* Fig. 423, durch welche die Lichtstrahlen der äusseren sichtbaren

Fig. 423.



Gegenstände wie durch das Objectiv eines Fernrohres eindringen. Zweierlei Einrichtungen können unseren optischen Empfindungsapparat nach verschiedenen Seiten wenden, die Bewegungen des Kopfes und die Thätigkeit der Augenmuskeln. Die Augenhöhle enthält sieben Muskeln, von denen nur einer, der Heber (*Levator palpebrae superioris*), für das obere Augenlied bestimmt ist, während die übrigen dem Augapfel selbst dienen. Diese zerfallen in vier gerade (*Rectus superior*, *s*, Fig. 423, *Rectus internus*, *i*, *Rectus externus*, *n*, und *Rectus inferior*) und zwei schiefe (*Obliquus superior*, *o*, Fig. 423, und *Obliquus inferior*, *m*). Der Aufheber des oberen Augenliedes (*Levator palpebrae superioris*, *g*, Fig. 424), der das Fett der Augenhöhle (*d*) und den Augapfel (*c*) gleich einer Rolle benutzt, führt das obere Augenlied (*ab*) in die Höhe, während der ausserhalb der Augenhöhle liegende Kreismuskel des Auges (*Orbicularis palpebrarum*, *b. c*, Fig. 9 S. 43) die Augenliedspalte schliessen kann.

§. 1913. Betrachtet man die einzelnen Augenmuskeln, die dem Augapfel dienen, so rollt der obere gerade Augenmuskel (*s*, Fig. 423) den Augapfel nach oben und etwas nach innen, der untere nach unten, der innere (*i*, Fig. 423) nach innen und der äussere (*n*, Fig. 423, u. *e*, Fig. 424) nach aussen. Die beiden schiefen Augenmuskeln suchen den Augapfel radförmig zu drehen, wie es Fig. 425 andeutet. Ist *a* der Ansatz

des oberen und *b* der des unteren schiefen Augenmuskels, so wälzt jeder

Fig. 424.



Fig. 425.

von ihnen den Augapfel in der Richtung der beigezeichneten Pfeile, und zwar *a* nach der Bahn *ee* und *b* nach der *ff*.

Drehungsachsen.

§. 1914. Die Drehungsachse des oberen und des unteren geraden Augenmuskels verläuft in der Richtung *CD*, Fig. 423, während die des inneren und äusseren auf der Sehachse *A* ungefähr senkrecht steht. Die Bewegungsachse der schiefen Augenmuskeln geht von vorn nach hinten, Fig. 423. Die letzteren suchen den Augapfel nach vorn, die geraden Augenmuskeln dagegen nach hinten zu verschieben. Wir werden in der Nervenlehre sehen, dass man diese Ortsveränderung des Augapfels durch die Durchschneidung oder die Reizung des Halstheiles des sympathischen Nerven künstlich erzeugen kann. Die Wirkungsweise der einzelnen Muskeln, die sich am Leichname ohne Schwierigkeit nachweisen lässt, gestattet noch keinen sicheren Rückschluss auf den lebenden Organismus, weil hier mehrere Muskeln gleichzeitig und mit verschiedenen Kraftgrössen arbeiten können. Combinirt sich z. B. eine gewisse Contractionsenergie des oberen, geraden Augenmuskels mit einer gleich grossen des geraden inneren, so wird die Drehung einer Mittelrichtung folgen, welche sich nach dem Parallelogramm der Kräfte leicht bestimmen lässt. Da aber diese beiden Muskeln den Augapfel zu gleicher Zeit nach hinten zu ziehen suchen, so kann der obere, schiefe Muskel diesem Streben entgegen arbeiten, damit eine blosse Rollung ohne

Ortsbewegung zu Stande komme. Es ist endlich noch möglich, dass andere Augenmuskeln gleichzeitig contrahirt sind und nur das Uebergewicht der Zusammenziehung einzelner Verkürzungsgebilde den Erfolg entscheidet. Man sieht hieraus, dass sich im Allgemeinen nicht angeben lässt, welche einzelnen Muskelmassen für eine bestimmte Bewegungsrichtung in Anspruch genommen werden. A. Fick hat den Versuch gemacht, die Wirkungen der Augenmuskeln nach den Coordinatengleichungen der Mechanik zu bestimmen. Da eine unendlich grosse Zahl von Combinationen der Thätigkeiten und der Energieen der Augenmuskeln denkbar bleibt, so beschränkte er die Aufgabe für den Fall, dass die Gesammtanstrengung der Muskeln für jeden Fall ein Minimum sei. Er setzte überdiess die Unverrückbarkeit des Drehpunktes ohne die Mitwirkung der Augenmuskeln voraus. Es versteht sich übrigens von selbst, dass es sich in allen Fällen nur um unendlich kleine Verrückungen handelt, weil die Bewegungen zu anderen Angriffswinkeln führen können (§. 1813).

Drehpunkt des Augapfels.

§. 1915. Dreht sich eine Kugel ohne Ortsveränderung, so liegt ihr unbeweglicher Drehpunkt im Mittelpunkte. Besässe der Augapfel eine vollkommen sphärische Gestalt und entspräche die Augenachse dem Durchmesser desselben, so würde der Drehpunkt $11^1/_2$ bis $12^1/_2$ Mm. hinter der Mitte der Hornhaut liegen, da die Länge der Augenachse 23 bis 25 Mm. zu betragen pflegt. Die Hervorragung der Hornhaut macht es schon unmöglich, den Bulbus als eine Kugel anzusehen. Weder die Cornea noch die Sclerotica besitzen sphärische Oberflächen. Man kann daher nicht die Lage des Drehpunktes des Augapfels theoretisch im Voraus bestimmen. Volkmann erhielt durchschnittlich 12,3 Mm. und Burow 12,2 Mm. Ich fand für mein Auge 12,4 Mm. für die wagrechte und 11,5 für die senkrechte Drehung. Die Versuchsmethoden, nach denen diese Zahlen ermittelt worden, schliessen verhältnissmässig grosse Beobachtungsfehler ein. Man darf daher nur behaupten, dass der Drehpunkt der Mitte der Augenachse ziemlich nahe liegt, nicht aber mit ihr wahrhaft zusammenfällt.

Stellung der Augen.

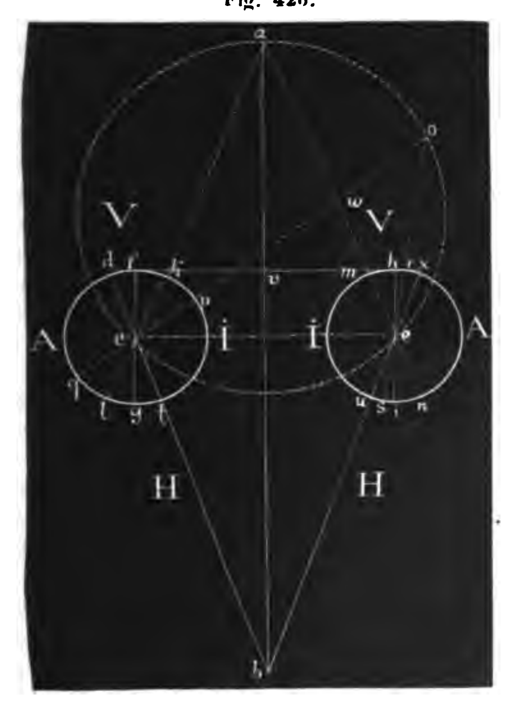
§. 1916. Die beiden Augäpfel der Erwachsenen bewegen sich in der Regel nach gewissen, den optischen Zwecken entsprechenden Normen. Wir werden später sehen, dass wir diejenigen Punkte, welche in der geradlinigten Verlängerung der Sehachse liegen und sich innerhalb der Grenzen der Sehweite befinden, am deutlichsten erkennen. Brauchen wir beide Augen zur gleichzeitigen Auffassung eines äusseren Punktes, so richten wir es so ein, dass sich die Verlängerungen der beiden Sehachsen in dem fixirten Punkte unter den oben angeführten Entfernungen schneiden. Diese Grundbedingung erklärt die gewöhnlichen Augenstellungen.

Convergenz und Harmonie der Augenbewegungen.

§. 1917. Die Schemenzeichnung Fig. 426 kann uns die einfachsten Fälle näher erläutern. *c* und *e* bezeichnen die Mittelpunkte oder die Drehpunkte der Kugeln, unter denen wir uns der Einfachheit wegen die Gesichtswerkzeuge vorstellen. *VV* ist vorn, *AA* aussen, *HH* hinten, *II* innen. Denken wir uns, die beiden Sehachsen *fg* und *hi* convergirten ursprünglich so wenig, dass wir sie als parallel betrachten können und wir bemühten uns, den Punkt *a*, der in gleicher Ebene mit den Drehpunkten *c* und *e* und in der horizontalen Mittellinie *ab* liegt, genauer aufzufassen, so wird die Sehachse *fg* nach *kl* und *hi* nach *mn* gedreht. Beide Augäpfel

rollen daher nach innen oder gegen die Mittellinien *ab*, um den nöthigen Convergenz- oder äusseren Richtungswinkel *cae* herzustellen.

Fig. 426.



Nehmen wir dagegen an, der zu fixirende Punkt liege ausserhalb der Mittellinie *ab*, z. B. in *o*, oder dem rechten Auge näher, so muss die rechte Sehachse *hi* nach aussen, nach *rs*, und die linke nach innen, nach *pq*, gehen, damit der Scheitel des Winkels der Verlängerungen der beiden Sehachsen *co* und *eo* in *o* fällt. Beide Augen rollen daher scheinbar nach entgegengesetzten Richtungen oder disharmonisch, wenn man die Mittellinie *ab* zum Ausgangspunkt nimmt.

Liegt der Punkt *a* höher oder tiefer, als die wagerechte Mittelebene, deren Fläche Fig. 426 darstellt, so müssen die Sehachsen beider Augen gleichzeitig nach oben oder nach unten gehen. Der Doppelfall, den wir eben für die seitlichen Bewegungen erläutert haben, ist hier, wie sich von selbst ergiebt, nicht möglich.

Parallele Augenstellung.

§. 1918. Die bis jetzt betrachteten Combinationsthätigkeiten der Augenmuskeln entsprechen der Convergenz der Sehachsen nach vorn oder der für die gleichzeitige Auffassung der Bilder beider Augen günstigsten Nebenbedingung (§. 1916). Der Parallelismus der Sehachsen *fg* und *hi* (Fig. 426) und die Divergenz derselben *dt* und *xu* kommen bei dem gewöhnlichen gesunden Sehen nicht vor. Was man parallele Augenstellung zu nennen pflegt, beruht nur auf einer ausserordentlichen Kleinheit des Richtungswinkels *cae*. Die Divergenz der Sehachsen kann von einzelnen Menschen hergestellt werden. Sie gelingt am leichtesten, wenn man den einen Augapfel fixirt und den anderen nach aussen zu drehen sucht. Der grösste Divergenzwinkel, den man auf diese Weise erhalten kann, beträgt, nach H. Meyer, 10° bis 11°.

Schielen.

§. 1919. Beide Augen bewegen sich in entsprechender Weise unter gesunden Verhältnissen und zwar entweder gleichartig, wie bei dem Blicke nach aussen (*o*, Fig. 426), oder in übereinstimmenden Drehungen nach innen, wie bei der Betrachtung eines in der Mitte des Gesichtsfeldes liegenden Punktes (*a*, Fig. 426). Das Schielen besteht darin, dass diese Uebereinstimmung nicht mehr vorhanden ist. Das eine Auge steht still oder ruht wenigstens relativ bei dem fixen Schielen (*Luscitas*). Es ist um

eine gewisse Winkelgrösse oder den **Schielwinkel** bei dem **beweglichen Schielen** (*Strabismus*) verschoben.

§. 1920. Während die gesunden Sehachsen parallel oder in *fg* und *hi*, Fig. 427, bei dem Blicke in die unendliche Ferne stehen würden, fällt z. B. die des linken nach innen schielenden Auges in *pq*, so dass der Schielwinkel *fcp* gleicht. Die Verlängerungen der Sehachsen *po* und *ho* schneiden sich daher schon in dem ruhenden Zustande der Augenmuskeln im Punkte *o*. Ein solcher Vereinigungspunkt würde in gesunden Augen unendlich weit entfernt liegen (§. 1918). Soll der Schielende den in der Sehweite befindlichen Punkt *a* mit beiden Augen zugleich auffassen, so braucht er sein linkes krankes Auge gar nicht zu bewegen. Die Sehachse *hi* des gesunden Augapfels dagegen muss einen Bogen *ht* beschreiben, dessen Winkelgrösse *het* dem Schielwinkel *fcp* gleicht. Der nähere Gegenstand *x* fodert den kleineren Drehungswinkel *pcy* für das schielende und den grösseren *hez* für das gesunde Auge, vorausgesetzt, dass man von dem ruhenden Zustande ausgeht. Man sieht überhaupt, dass der Schielwinkel eine beständige positive oder negative Grösse bildet, die sich für alle Augenstellungen geltend macht.

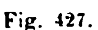
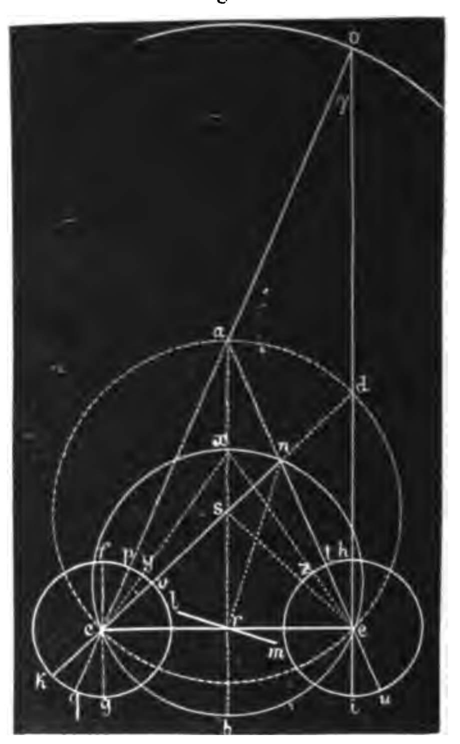


Fig. 427.



§. 1921. Das Schielen nach innen kommt verhältnissmässig am häufigsten vor, sei es, dass die Stellung nur des einen oder beider Augen constant oder vorübergehend von der Norm abweicht. Die Ursache dieser Unregelmässigkeit kann in zu grosser Kürze oder krampfhafter Zusammenziehung des inneren geraden Augenmuskels (*i*, Fig. 423, Seite 592) liegen. Die Lähmung des äusseren Augenmuskels (*n*, Fig. 423) kann aber die gleiche Unregelmässigkeit herbeiführen, weil sich dann der, keiner Hemmung unterworfene innere gerade Augenmuskel übermässig zusammenzieht. Man findet daher bisweilen in Hemiplegischen, dass das Auge der gelähmten Seite nach innen schielt. Hat man den äusseren Augenmuskel in einem Säugethiere durchschnitten, so wendet sich das Auge erst später oder gar nicht nach der Innenseite der Augenhöhle.

§. 1922. Das **divergirende Schielen** findet sich am häufigsten,

wenn das eine der beiden Augen gelähmt oder bedeutend geschwächt worden. Unterliegt später das andere Auge der gleichen Abnormität, so pflegt seine Sehachse weniger nach aussen abzuweichen. Man hat daher diese Art von Schielen, wenn eines oder beide Augen nach und nach amblyopisch geworden.

§. 1923. Der Fall, dass das eine Auge nach oben oder nach unten verrückt wird, kommt in der Regel nur nach Verletzungen einzelner Hirntheile, wie z. B. der Vierhügel, oder in Folge von Geschwülsten, Exostosen und anderen organischen Entartungen vor. Man findet ihn daher nur selten im menschlichen Körper.

§. 1924. Manche Forscher haben auch ein sogenanntes Radschielen angenommen. Die krankhafte Thätigkeit eines oder beider schiefen Muskeln sollten den entsprechenden Augapfel im Verhältniss zum anderen radartig verschieben (§. 1913). Es lässt sich vorläufig nicht bestimmen, ob eine solche Abweichung krankhafter Weise im Menschen vorkommt oder nicht. Die diagnostischen Merkmale, welche man in dieser Beziehung angegeben hat, wie z. B. Doppelsehen mit schiefer Stellung eines der beiden Bilder, reichen nicht hin, auf jenes Leiden mit Sicherheit zurückzuschliessen.

§. 1925. Wie Gemüthsbewegungen einzelne Personen zum Stottern führen (§. 1904), so findet man, dass bisweilen nervöse Menschen, die in Verlegenheit gerathen, plötzlich zu schielen anfangen. Die bleibenden Formen des Schielens rühren von anhaltenden Muskelverkürzungen oder anderen organischen Fehlern her. Hat man z. B. den äusseren, geraden Augenmuskel durchschnitten, so springt das Auge nicht sogleich nach innen über. Jede regelwidrige Stellung kann sogar in der Folge ausbleiben.

Gang der Lichtstrahlen.

§. 1926. Eine kurze Darstellung der wesentlichen Erscheinungen der Zurückwerfung und der Brechung des Lichtes wird uns am besten vorbereiten, die optischen Phänomene des Auges kennen zu lernen. Wir haben schon §. 1496 gesehen, dass man die hier in Betracht kommenden Gesetze unabhängig von aller Theorie des Lichtes geometrisch darstellen kann.

Fig. 428.



Spiegelung des Lichtes

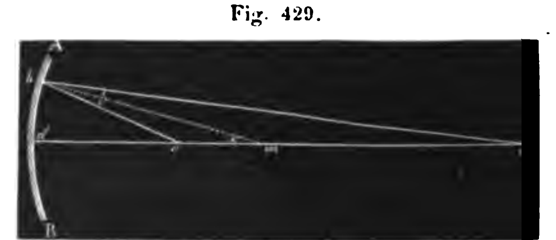
§. 1927. Gesetzt, *VW*, Fig. 428, sei eine ebene, vollkommen spiegelnde Fläche und *AB* ein Gegenstand, der die Strahlen *Ak*, *Af*, *Am* aussendet, so wird *Ak* in seiner eigenen Richtung *kA* zurückgeworfen, wenn *Ak* auf *VW* senkrecht steht (§. 239). Ist *fg* der reflectirte Strahl von *Af* und *nm* der von *Am*, so hat die Spiegelung dieselbe Wirkung, als ob die Strahlen von einem Punkte *a* divergirten, der eben so weit jenseits *VW* liegt, als *A* diesseits. Da das Gleiche für *b* und *B*, sowie für alle dazwischen liegenden Punkte gilt, so wird das Spiegelbild *ab* ebensoweit hinter dem Spiegel *VW* liegen, als der Gegenstand *AB* vor demselben. Jenes ist daher dem Objecte symmetrisch gleich. Die Lichtintensi-

tät desselben wächst im Allgemeinen mit dem Sinus des Winkels, unter welchem seine Strahlen die spiegelnde Fläche berühren. Ist diese unvollkommen, d. h von Punkt zu Punkt uneben, so werden die benachbarten Strahlen unter ungleichen Winkeln zurückgeworfen. Man erhält dann zerstreutes oder diffuses, statt regelmässig reflectirten Lichtes.

Hohlspiegel.

§. 1928. Nehmen wir an, *AB*, Fig. 429, sei ein concaver sphärischer Spiegel, auf den Strahlen, die von *a* divergiren, gelangen können, so nennt man den Strahl *ad*, welcher der Achse der Reflexionsfläche entspricht, den **Achsenstrahl**. Der Winkel *bad* ist der halbe **Ausflusswinkel**, wenn *ba* einem der äussersten Strahlen des Lichtkegels entspricht. Ist *AB* als der Durchschnitt des sphärischen Spiegels das Stück eines Kreises und *m* der Mittelpunkt desselben, so bildet der Halbmesser *mb* das **Einfallsloth** (§. 237), weil er auf der durch *b* gelegten Tangente senkrecht steht. Der Winkel *i* entspricht daher dem **Einfallswinkel** für den Strahl *ab*, und der gleich grosse Winkel *i'* dem **Reflexionswinkel**, so dass der zurückgeworfene Strahl *bc* mit dem in die Richtung des Radius *dm* fallenden und in sich selbst reflectirten Achsenstrahl *ad* in *c* zusammentrifft. Gilt das Gleiche für alle übrigen Strahlen, die von *a* ausgehen, so bildet *c* den gemeinschaftlichen **Brennpunkt** oder **Focus**, und *cd* die **Bildweite**, **Brennweite**, **Vereinigungsweite** oder **Focaldistanz**.

Fig. 429.



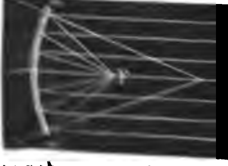
Sphärische Aberration.

§. 1929. Sollen alle Strahlen in *c* zusammentreffen, so dürfen sie von *a* nur unter einem sehr kleinen Winkel ausgehen. Man nennt sie dann **centrale Strahlen**. Nicht centrale haben ungleiche Brennpunkte, so dass kein vollkommenes Spiegelbild zu Stande kommt. Dieser Fehler heisst die **Abweichung wegen der Kugelgestalt** oder die **sphärische Aberration**.

Parallele Strahlen.

§. 1930. Da der Winkel *bac* um so mehr abnimmt, je weiter sich *a* von *AB* entfernt, so werden Leuchtpunkte, die beträchtlich abstehen, ihre Strahlen unter so kleinen Ausflusswinkeln zusenden, dass man sie als parallel betrachten kann. Man sagt daher, dass jeder unendlich weite Gegenstand **parallele Lichtstrahlen** liefert. Fallen diese auf einen sphärischen Hohlspiegel *mm'*, wie es Fig. 430 zeigt, central auf, so sammeln sie sich in einem gemeinschaftlichen Brennpunkte *F*, der vor dem Spiegel, und zwar in der Mitte zwischen der Berührung des Achsenstrahles und des Krümmungs-Mittelpunktes liegt. Er heisst der **Hauptfocus** oder der **siderische Brennpunkt**. Strahlen, die von ihm ausgehen, werden umgekehrt parallel zurückgeworfen.

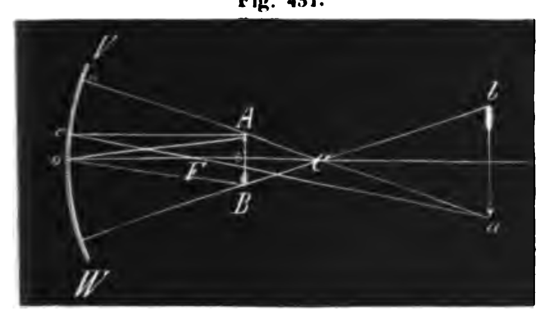
Fig. 430



§. 1931. Befindet sich der Gegenstand *AB*, Fig. 431, zwischen dem Hauptfocus *F* und dem Krümmungsmittelpunkt *C* des sphärischen Hohlspiegels *VW*, so erhält man ein umgekehrtes Luftbild *ab*, das jenseit des Krüm-

mungsmittelpunktes und mithin entfernter liegt. Bedenken wir, dass ein von A ausgehender Strahl Ae, welcher der Achse Co parallel ist, in eFa oder durch den Hauptfocus F zurückgeworfen wird, der in der Richtung des Radius Cn liegende Strahl dagegen in sich selbst zurückkehrt, so ergiebt sich ohne Weiteres, wie wir den Ort und die Grösse des Luftbildes durch eine graphische Construction finden können. Wir verlängern z. B. den durch A gehenden Halbmesser Cn jenseits C, ziehen Ae parallel der Achse Co und verlängern die Verbindungslinie eF des Punktes e mit dem Hauptfocus F, bis sie die Verlängerung des Halbmessers Cn in a schneidet. Der Punkt a entspricht dann dem Spiegelbilde von A oder A hat seinen wechselseitigen Brennpunkt in a.

Fig. 431.



§. 1932. Da ab den Gegenstand und AB das Spiegelbild darstellen kann, so ergiebt Fig. 431 ohne Weiteres, wie sich die Verhältnisse gestalten, wenn der Gegenstand ab jenseit des Krümmungsmittelpunktes C oder jenseits der doppelten Hauptbrennweite oF liegt. Man erhält dann ein verkleinertes und umgekehrtes Bild, das sich zwischen der einfachen und der doppelten Hauptbrennweite oder zwischen dem Hauptfocus und dem Krümmungsmittelpunkt befindet.

§. 1933. Steht der Gegenstand AB, Fig. 432, zwischen dem Hohlspiegel VW und dem Hauptfocus F, so ergiebt die §. 1931 dargestellte Construction, dass ein aufrechtes vergrössertes hinter dem Spiegel gelegenes Bild ab gesehen wird. Ist C der Krümmungsmittelpunkt und eF der Reflexionsstrahl des Co parallelen Strahles Ae, so schneiden sich diese erst hinter dem Spiegel im Punkte a.

Fig. 432.

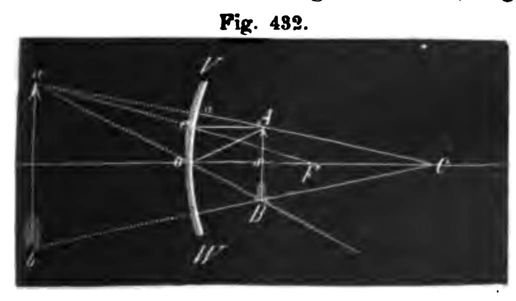
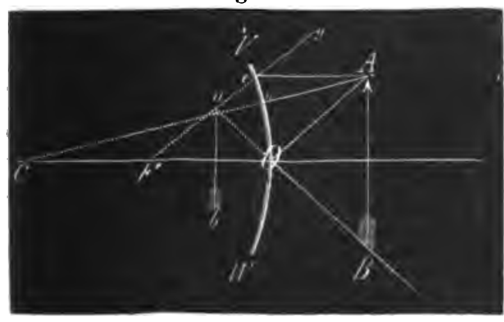


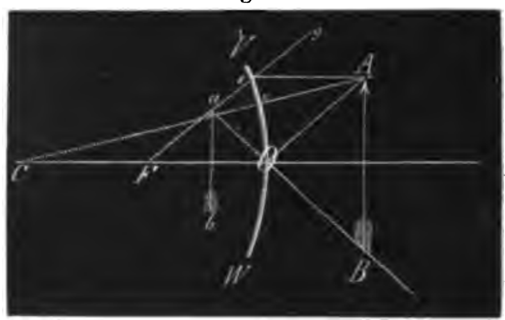
Fig. 433.



§. 1934. Gesetzt, VW, Fig. 433, sei ein convexer Spiegel, dessen Krümmungshalbmesser CO darstellt, und AB ein äusserer Gegenstand, so ergiebt die frühere Construction, dass man ein kleines, auf-

rechtes und hinter dem Spiegel liegendes Bild erhalten wird. Ist An, Fig. 434, der in der Bahn des Radius liegende und daher in sich zurückgeworfene Strahl, während der der Achse CO parallele Strahl Ae in eg oder der Verlängerung der durch den Hauptfocus F gehenden Linie eF zurückläuft, so ist es eben so gut, als divergirten die beiden Reflexionsstrahlen eg u. nA von dem Punkte a, so dass das Spiegelbild von A in a und von B in b fällt.

Fig. 434.



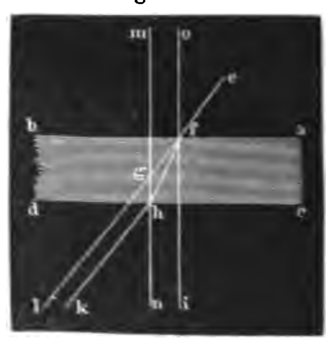
Gleichung der centralen Strahlen.

§. 1935. Nennen wir die Entfernung des Leuchtpunktes von dem Mittelpunkte des Spiegels a, die entsprechende Bildweite α und setzen den Krümmungshalbmesser $r = 2p$, so haben wir, wenn wir uns auf centrale Strahlen und eine Annäherungsformel beschränken, $\frac{1}{a} + \frac{1}{\alpha} = \frac{1}{p}$, d. h. die Summe der reciproken Werthe der Abstände des Leuchtpunktes und des Bildpunktes gleicht dem reciproken Werthe des halben Krümmungsradius. Wird die Entfernung des Leuchtpunktes a unendlich gross, so hat man $\alpha = \frac{r}{2}$ für den Hauptfocus (§. 1930). Wird p unendlich, d. h. ist der Spiegel eben, so ist $\alpha = -a$ (§. 1926).

Brechung in planplanen Mitteln.

§. 1936. Gehen wir nun zu den dioptrischen Verhältnissen über, so sei $abdc$, Fig. 435, ein planplanes, mit parallelen Ebenen versehenes Mittel, das allseitig von dem gleichen optischen Medium umgeben wird und den Brechungscoefficienten n hat, wenn der der Umgebung der Einheit gleicht. Steht oi auf ab senkrecht, so bildet efo den Einfallswinkel des Strahles ef. Ist der Brechungswinkel hfi, so haben wir $\sin. efo = n \sin. hfi$. Steht mn senkrecht auf dc, so bildet fhm den Einfallswinkel des Strahles fh, wenn er aus $abdc$ in das frühere Mittel zurückkehrt. Ist khn der Brechungswinkel, so erhalten wir $n \sin. mhf = \sin. khn$. Da aber mn und oi parallel, folglich $mhf = hfi$, so ist auch $ofe = khn$, d. h. der austretende Strahl hk ist parallel dem einfallenden ef und dessen geradlinigter Verlängerung fge. Es wird daher der Strahl ef bei seinem Durchgange durch $abcd$ um eine ni entsprechende Breite verschoben, ohne seine Richtung wesentlich zu ändern.

Fig. 435.



Prismen.

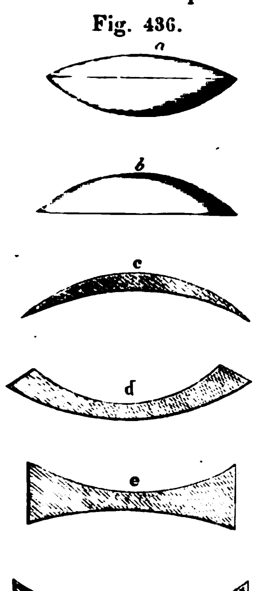
§. 1937. Sind die ebenen Flächen ab und cd nicht parallel, so hat man ein vollständiges oder unvollständiges Prisma, bei welchem keine

blosse Verrückung, sondern auch eine Aenderung der Richtung des Lichtstrahles zu Stande kommt. Es beruht daher auf einem Irrthum, wenn nicht planplane Deckgläser, die manchen Mikroskopen beigegeben sind, nicht als Prismen von einzelnen Schriftstellern aufgeführt und betrachtet werden.


Linsen

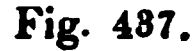
§. 1938. Man bezeichnet mit dem Namen der Linsen feste oder flüssige Brechungkörper, die von keinen ebenen Oberflächen begrenzt werden. Gehören ihre Krümmungen Abschnitten von Kugelflächen an, so nennt man sie sphärische Linsen. Man unterscheidet sechs Hauptformen derselben, deren Gestalten Fig. 436 versinnlicht. Sind die beiden Krümmungsflächen derselben ausgebaucht *a*, (Fig. 436), so nennt man die Linse doppeltconvex oder biconvex. Eine planconvexe Linse *b* besitzt eine ausgebauchte und eine ebene Fläche. Die Menisci bestehen aus einer convexen und einer concaven Fläche. Die stärkere Krümmung, die einem kleineren Krümmungshalbmesser entspricht, schneidet die schwächere, *c*, oder nicht, *d*. Eine doppeltconcave oder biconcave Linse besitzt zwei ausgehöhlte Flächen *e*, und eine planconcave, eine ausgehöhlte neben einer ebenen Fläche *f*. Die Formen *a*, *b* und *c* bilden Sammel- oder Collectivlinsen, während *d*, *e* und *f* Zerstreuungs- oder Dispersionslinsen darstellen.

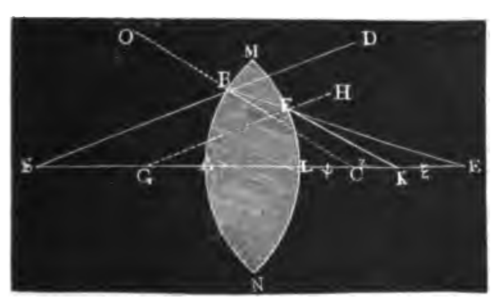
Fig. 436.



Brechung einer doppeltconvexen Linse.

§. 1939. Betrachten wir zunächst den Gang der Lichtstrahlen, wie er sich in einer doppeltconvexen, von einem schwächer brechenden Mittel allseitig umgebenen Linse gestaltet, so sei $MANL$ (Fig. 437) eine sphärische, vollkommen symmetrische Linse, deren Achse AL ist, während C den Krümmungsmittelpunkt von MAN und G den der Hinterfläche MLN darstellt. Der Leuchtpunkt S liege, der Einfachheit wegen, auf der geradlinigten Verlängerung SE der Achse AL. Der Achsenstrahl SA geht ungebrochen in AL durch, weil er auf der durch A gelegten Tangente senkrecht steht. Der Strahl SB, welcher die Linse in B berührt, hat den Einfallswinkel SBO, wenn OB die geradlinigte Verlängerung des Krümmungshalbmessers CB ist. Nehmen wir an, CBF sei der Brechungswinkel, so dass der Lichtstrahl in BF verläuft, so würden die Verlängerungen des Achsenstrahles SA und des Strahles BF in E zusammentreffen, wenn sich das brechende Medium $MANL$ über E hinaus fortsetzte.


Fig. 437.

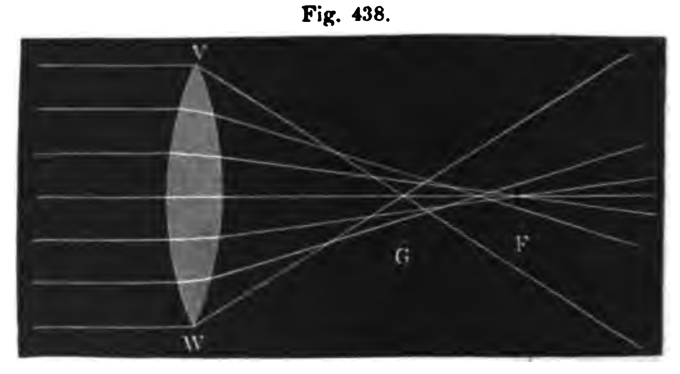


Da aber der Strahl BE die hintere Fläche der Linse MLN schon in F erreicht, so bildet BFG den Einfallswinkel für den Rücktritt des Strahles in das frühere Medium, wenn GFH den verlängerten Krümmungshalbmesser der Hinterfläche MLN darstellt. Der Ablenkungswinkel HFK ist grösser als der Einfallswinkel $BFG = HFE$, weil die Krümmung und der Uebergang der ersten Brechung entgegengesetzt sind. Der wechselseitige Brennpunkt K rückt daher durch die zweite Brechung der Hinterfläche der Linse näher als durch die erste, deren Focus in E liegt.

Sphärische Aberration der Linsen.

§. 1910. Trifft eine Reihe von Lichtstrahlen eine Linse von beliebiger Form, so haben die, welche ungleich von der Achse abstehen, verschiedene Brennpunkte. Fig. 438 kann dieses unmittelbar versinnlichen. Der

Fig. 438.



Vereinigungspunkt G liegt der Linse VW näher, wenn die Strahlen an der Peripherie der Linse durchgehen oder sogenannte **Randstrahlen** bilden. Die der Achse näheren Strahlen oder die centralen Strahlen haben einen Focus F, der von der Linse weiter absteht. Die sämmtlichen Strahlen vereinigen sich daher nicht in einem Brennpunkte, sondern liefern einen Lichtstreifen GF, so dass die entsprechenden Bilder undeutlich werden, weil man eine gewisse Raumausdehnung statt eines einzelnen Punktes bekommt. Die Abweichung wegen der Kugelgestalt oder die sphärische Aberration führt daher zu einer **Längenabweichung** der Brennpunkte der centralen und der Randstrahlen.

Blendung

§. 1911. Das einfachste Mittel, diesen Uebelstand zu verkleinern, besteht in dem Gebrauche einer **Blendung** oder eines **Diaphragma**, d. h. eines undurchsichtigen, mit einer verhältnissmässig kleinen Oeffnung, de, Fig. 439, versehenen Schirmes cf, den man, entsprechend der Achse, vor der Linse anbringt. Können nur solche Strahlen durch de dringen, die einen kleinen Winkel mit der Achse bilden, so bemerkt das Auge nicht den durch die sphärische Aberration bedingten Fehler. Die Vorder- und die Hinterfläche einer Linse können so gekrümmt werden, dass die Störung wegen der Kugelgestalt unbedeutend bleibt. Man spricht dann von einer **Linse von bester Form**. Ein sehr einfaches Mittel, die Nachtheile der sphärischen Aberration zu vermindern, besteht darin, grosse Krümmungshalbmesser oder schwa-

Fig. 439.



che Krümmungen zu wählen, um so eine kleine Oeffnung bei einem grossen Felde zu erhalten. Wir werden später sehen, dass geschichtete oder polyzonale Linsen die sphärische Aberration merklich herabsetzen können. Ein Linsensystem ist aplanatisch, wenn die Linsen so combinirt worden, dass sich die Einflüsse der sphärischen Aberration grösstentheils wechselseitig aufheben.

Gleichung der Linsenbrechung.

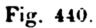
§. 1942. Man begnügt sich in der Regel bei der allgemeinen Betrachtung der Brechungsverhältnisse der sphärischen Linsen mit annähernden Ausdrücken, die jedoch für die Beurtheilung feinerer Fragen, wie z. B. der Chromasie, nicht ausreichen. Man lässt die Dicke der Linse unberücksichtigt und hält sich nur an centrale Strahlen, so dass man bei den kleinen in Betracht kommenden Winkeln diese selbst statt ihrer Sinus nehmen kann. Unter diesen Voraussetzungen seien a die Entfernung des Leuchtpunktes, α die des Bildpunktes, n der Brechungscoefficient und r und r' die Krümmungshalbmesser. Man hat dann $\frac{1}{a} + \frac{1}{\alpha} = (n-1)\left(\frac{1}{r} + \frac{1}{r'}\right)$. Diese Gleichung stimmt, wie man sieht, mit der, welche wir für die sphärischen Spiegel erhalten haben, überein (§. 1935), wenn man $(n-1)\left(\frac{1}{r} + \frac{1}{r'}\right) = \frac{1}{p}$ setzt. r oder r' ist positiv oder negativ, je nachdem die entsprechende Krümmungsfläche convex oder concav erscheint. Nimmt man, wie gewöhnlich, positive Werthe für divergirende Strahlen, so hat man negative für convergirende. Wird a unendlich, d. h. hat man parallele Lichtstrahlen, so erhält man $\frac{1}{\alpha} = (n-1)\left(\frac{1}{r} + \frac{1}{r'}\right)$ für den Hauptfocus.

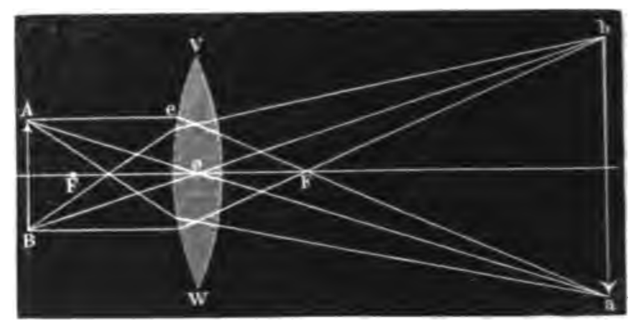
Da der für α gültige Werth bei Sammellinsen positiv bleibt, bei den Zerstreuungslinsen hingegen negativ wird, so folgt, dass die Bildpunkte nach entgegengesetzten Seiten hin, in diesen beiderlei Fällen liegen. Die Sammellinsen mit positivem Focus geben ein reelles Bild, das sich hinter der Linse befindet, wenn der Leuchtpunkt vor derselben liegt. Die Zerstreuungslinsen oder Hohlgläser dagegen, deren Focaldistanz negativ ist, besitzen ein virtuelles Bild, das an derselben Seite wie das leuchtende Object zu Stande kommt. Da r oder r' für planconvexe oder planconcave Gläser unendlich wird, so fällt auch der entsprechende Null gleiche reciproke Werth aus der Formel aus.

Graphische Darstellung des Linsenbildes.

§. 1943. Man kann die Verhältnisse der Bilder, welche z. B. biconvexe Linsen liefern, in ähnlicher Weise graphisch darstellen, wie wir es (§. 1931) für die Spiegel kennen gelernt haben. Sind FF, Fig. 440 (a. folg. Seite) die beiden Hauptbrennpunkte der Linse VW und liegt der Gegenstand AB zwischen der einfachen und der doppelten Brennweite, oder FO und $2FO$, so erhält man ein vergrössertes umgekehrtes, jenseit der doppelten Brennweite befindliches reelles Bild. Man zieht zu diesem Zwecke eine Linie AO von dem Leuchtpunkte A nach dem Mittelpunkte O der Achse der Linse. Da alle centralen Strahlen, die durch O gehen, nicht gebrochen werden, so wird der Brennpunkt von A in der geradlinigten Verlängerung von AO liegen. Nehmen wir dann den Strahl Ae, welcher

der Achse parallel ist, so wird er so gebrochen, dass er später den Hauptbrennpunkt F' (Fig. 440) durchsetzt. Da Fa und Oa in a zusammentref-

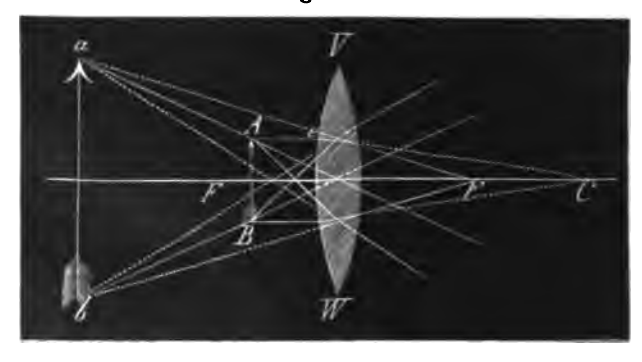

Fig. 440.



fen, so entspricht a als Bildpunkt dem Leuchtpunkte A und b dem Punkte B. Ein Gegenstand ab, der jenseit der doppelten Brennweite liegt, liefert ein reelles, umgekehrtes und verkleinertes Bild AB. Man sieht hieraus, dass die Sammellinsen nicht in allen Fällen vergrössern und den allgemeinen Namen der Vergrösserungsgläser nicht verdienen.

§. 1944. Befindet sich der Gegenstand AB, Fig. 441, zwischen der Hauptbrennweite F und der doppelt convexen Linse VW, so erhält man

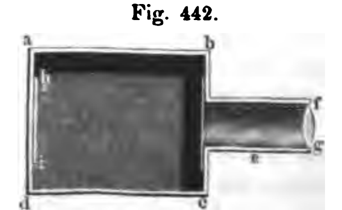
Fig. 441.



ein aufrechtes, vergrössertes, virtuelles Bild. Vollführt man die Construction wie früher, so schneiden sich die Verlängerungen der Strahlen Ao und eF nicht hinter, sondern vor der Linse in a.

Dunkele Kammer.

Fig. 442.



§. 1945. Eine dunkle Kammer oder *Camera obscura* besteht aus einem innen geschwärzten Kasten, $abcd$, Fig. 442, der hinten eine mattgeschliffene Glastafel hi oder eine andere passende Vorrichtung zur Aufnahme des Bildes besitzt. Die Ansatzröhre e trägt vorn eine doppeltconvexe Linse fg oder ein System von Linsen. Sie kann aus- und

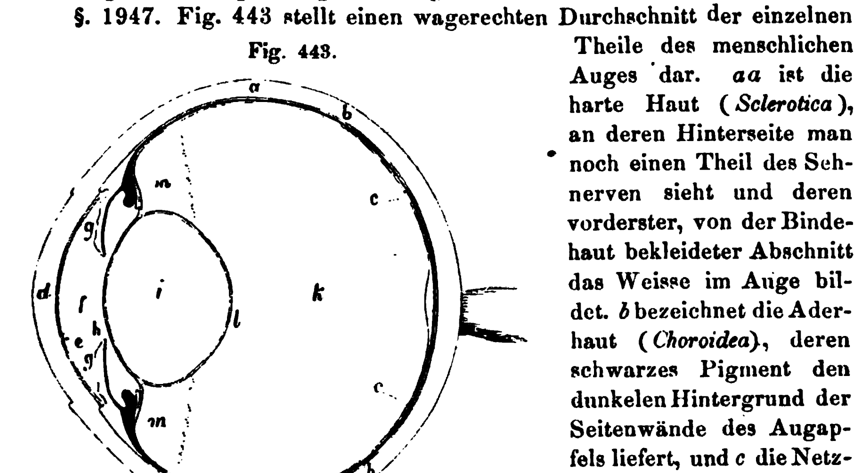
eingeschoben werden, damit der Brennpunkt genau auf hi falle. Befindet sich der äussere Gegenstand jenseit der doppelten Brennweite von fg, so erhält man bei passender Einstellung ein umgekehrtes, verkleinertes Bild desselben auf hi. Da die Unterschiede der Vereinigungsweiten um so kleiner ausfallen, je entfernter der Leuchtpunkt liegt, so werden auch nahe Gegenstände verhältnissmässig grössere Correctionen an der Verschiebungsröhre e nothwendig machen.

Brechungskörper des Auges.

§. 1946. Das Auge des Menschen und der Thiere bildet im Wesentlichen eine ähnliche, dunkele Kammer, die jedoch eine Reihe von Brechungskörpern und keine mit Luft gefüllten Zwischenräume enthält. Die Netzhaut liefert den matten Grund, der die Bilder aufnimmt und deren Wirkungen den Empfindungswerkzeugen mittheilt.

§. 1947. Fig. 443 stellt einen wagerechten Durchschnitt der einzelnen Theile des menschlichen Auges dar. aa ist die harte Haut (*Sclerotica*), an deren Hinterseite man noch einen Theil des Sehnerven sieht und deren vorderster, von der Bindehaut bekleideter Abschnitt das Weisse im Auge bildet. b bezeichnet die Aderhaut (*Choroidea*), deren schwarzes Pigment den dunkelen Hintergrund der Seitenwände des Augapfels liefert, und c die Netzhaut (*Retina*), auf der sich die deutlich gesehenen Bilder abzeichnen. d entspricht der durchsichtigen Hornhaut (*Cornea*), e der Haut der wässerigen Feuchtigkeit oder der Wrisberg'schen Membran, d. h. einem durchsichtigen, dünnen Ueberzuge der Innenseite der Hornhaut, und f der wässerigen Feuchtigkeit (*Humor aqueus*). Die Regenbogenhaut oder die Iris gg ist der Theil, von dem die sogenannte Farbe des Auges abhängt. Die Pupille oder das Sehloch h bildet das sogenannte Schwarze im Auge. i ist die in einer eigenen Hülle der Linsenkapsel eingeschlossene Krystalllinse. Sie ruht in einer an der vorderen Fläche des Glaskörpers k angebrachten, tellerförmigen Grube l. mm soll das Ciliarsystem, das auf dem vorderen Theile des Glaskörpers grösstentheils ausgebreitet ist, andeuten. Die vordere Augenkammer wird von der Membran der wässerigen Feuchtigkeit e, der Regenbogenhaut g und einer durch die Pupille h gelegten Ebene begrenzt und von der wässerigen Feuchtigkeit f ausgefüllt. Die sogenannte hintere Augenkammer, die zwischen der Traubenhaut oder der Hinterseite der Iris, der Linsenkapsel und dem Ciliarsysteme liegen soll, bildet wahrscheinlich gar keinen besonderen Hohlraum im lebenden Auge. Wäre sie vorhanden, so würde sie von wässeriger Feuchtigkeit, die

Fig. 443.



durch das Sehloch *h*, Fig. 443, frei eindringen könnte, ausgefüllt werden.

§. 1948. Das Auge enthält eine Anzahl von Gebilden, die als Brechungskörper wirken und ein Refractionsbild der äusseren Gegenstände auf oder ausserhalb der Netzhaut entwerfen. Die Grenzflächen vieler Theile spiegeln zu gleicher Zeit, so dass Reflexionswirkungen zu Stande kommen.

Form der Augenlinsen.

§. 1949. Die einzelnen Brechungskörper, wie die Hornhaut, die wässerige Feuchtigkeit, die Krystalllinse und der Glaskörper, besitzen keine sphärischen Oberflächen. Ihre Begrenzungen entsprechen sogar wahrscheinlicher Weise nicht Abschnitten von Rotationskörpern. Ein wagerechter Durchschnitt durch den hervorragendsten Punkt der Hornhaut soll eine Ellipse oder eine Parabel und durch den der Linse eine elliptische Krümmung liefern. Young, Sturm und A. Fick schlossen aus physiologischen Erscheinungen, dass der Querschnitt der Brechungskörper schwächer gekrümmt sei, oder einen grösseren Radius des Osculationskreises darbietet, als der senkrechte. Chossat nahm nach seinen Beobachtungen an, dass die Augenlinsen nicht centrirt sind, d. h. dass ihre optischen Mittelpunkte nicht in einer geraden Linie liegen. Der Scheitel der Hornhautkrümmung fällt, nach ihm, nicht mit dem vorderen Ende der Sehachse zusammen.

Geschichteter Bau.

§. 1950. Die Hornhaut besteht aus einer Reihe von Blättern, die hinter einander liegen, sich aber nur künstlich wechselseitig trennen lassen. Die Beobachtungen von Pappenheim, Bruecke, Bowman und vorzugsweise van Hanover lehrten, dass eine eigenthümliche Schichtung im Glaskörper vorkommt. Die Krystalllinse enthält eine grosse Anzahl von Lagen, deren Dichtigkeit von der Aussenfläche nach dem Mittelpunkte oder von der Morgagni'schen Feuchtigkeit nach dem Centrum des Kernes zunimmt. Es können dabei zwei und mehrere Krümmungssysteme und Mittelpunkte, z. B. in der Linse des Rindes, nach Thomas, vorkommen. Lassen wir die wässerige Feuchtigkeit bei Seite, so gebraucht die Natur in unserem Auge geschichtete oder polyzonale Linsen. Sie gewinnt dadurch mehrere Vortheile, die unsere gewöhnlichen, gleichartigen Linsen nicht darbieten.

§. 1951. Young hatte schon das Theorem aufgestellt, dass eine geschichtete Kugel, deren Brechungscoefficient von der Peripherie nach dem Mittelpunkte des Kernes stetig zunimmt, einen grösseren Ablenkungsindex, als dem Maximalwerthe des Kernes entspricht, darbieten muss. Er berechnete dem gemäss, dass der auf die wässerige Feuchtigkeit bezogene Brechungscoefficient der menschlichen Linse 1,077 gleicht, wenn der des Kernes 1,059 beträgt. Senff fand in der Folge 1,539 als Brechungscoefficienten der Ochsenlinse, wenn die äussersten Lagen derselben 1,374 und der Kern 1,453 besitzen.

§. 1952. Diese Erscheinung muss von vornherein zu der Ueberzeugung führen, dass diejenigen Werthe, welche man bei der empirischen Bestimmung der Brechungscoefficienten der Linse oder aliquoter Theile derselben erhält, nicht bloss von den brechenden Eigenschaften, sondern auch von dem geschichteten Bau herrühren. Man darf vermuthen, dass dasselbe für die Hornhaut und den Glaskörper wiederkehrt. Die Zahlen, die in solchen Erfahrungen gewonnen wurden, sind wahrscheinlich etwas zu gross

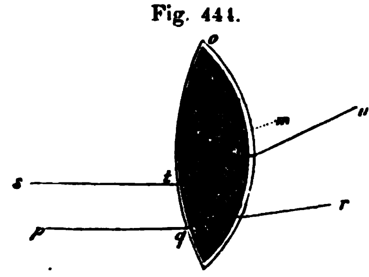
ausgefallen, weil die todten Theile während der Beobachtung Wasser verdunsten liessen und eine stärkere Concentration einen höheren Ablenkungscoëfficienten zur Folge hat.

Einfluss auf die sphärische Aberration.

§. 1953. Die Vergrösserung des Brechungsindex kann nicht den wesentlichen Grund des geschichteten Baues der Augenlinsen bilden. Ein kleinerer Wassergehalt oder untergeordnete Modificationen der inneren Structur hätten zu dem gleichen Ziele leichter geführt. Nehmen wir auch an, dass der Verlauf der Blutgefässe und die Ernährungserscheinungen überhaupt die Schichtung zur Folge haben, so lässt sich doch auch nachweisen, dass andere optische Vortheile mit dieser Anordnung verbunden sind. Die Schichtung verkleinert die sphärische Aberration. Man kann z. B. berechnen, dass eine Krystalllinse des Menschen, die einen Oeffnungswinkel von 57° 14′ hat, nur 53° 56′ geliefert hätte, wenn ihre Masse vollkommen gleichförmig gewesen wäre.

§. 1954. Denken wir uns, Fig. 444 sei der schematische senkrechte Durchschnitt einer menschlichen Linse, mithin *m* der am stärksten brechende Kern und *o* die am schwächsten ablenkende äusserste Schicht, so wird ein Strahl *p q r*, der nur die äusseren Lagen durchsetzt, schwächer gebrochen werden, als ein Strahl *s t u*, der mehr in der Mitte durchtritt. Nun haben wir (§. 1940) gesehen, dass die Randstrahlen früher als die der Achse näher verlaufenden Strahlen zusammentreten. Die schwächere Ablenkung der peripherischen Schichten der Linse kann daher diesen Unterschied compensiren helfen. Man hat eine geringere Abweichung von der Kugelgestalt und bekommt deshalb schärfere und hellere Bilder, indem eine grössere Summe von Strahlen die Linse ohne Störung durchsetzen kann.

Fig. 444.



Brechungscoefficienten der Augenlinsen.

§. 1955. Der absolute Brechungscoefficient ist der auf den leeren Raum bezogene Ablenkungsindex einer Masse, der relative dagegen der, welchem der Brechungscoefficient einer anderen Substanz als Einheit zum Grunde liegt. Nennen wir n den Brechungsindex des einen Körpers und n' den eines anderen Körpers, so ist der relative Ablenkungscoefficient des letzteren $\frac{n'}{n}$, wenn der Strahl aus der ersten in die zweite Masse übergeht. Dieses vorausgesetzt, so beträgt, nach Chossat, der relative Brechungscoefficient der Hornhaut in Verhältniss zu dem der Luft 1,33, der der wässerigen Feuchtigkeit im Vergleich zur Cornea 1,0061. Nimmt man immer das vorhergehende Medium als Einheit, so hat die vordere Fläche der Linsenkapsel 1,015, die vordere peripherische Schicht der Linse 1,0012, die mittlere 1,0087, der Kern 1,018, die hintere, mittlere Linsenschicht 0,9824, die hinterste, weiche Schicht 0,9914, die Hinterfläche der Linsenkapsel 1,0012 und der Glaskörper 0,9918. Wir sehen hieraus, dass der Brechungscoefficient der Hornhaut dem des Wassers nahe steht. Da er den grössten relativen Werth bildet, so wird ein Lichtstrahl, wenn er in

unser Auge dringt, an der Hornhaut am stärksten abgelenkt. Berechnet man den absoluten Coefficienten der ganzen Linse, so erhält man 1,475. Der relative Werth lässt sich zu 1,102 anschlagen. Obgleich die Krystalllinse, wenn sie sich in der atmosphärischen Luft befindet, einen grösseren Ablenkungscoefficienten, als die Hornhaut hat, so werden doch die Strahlen, die in das Auge dringen, durch die Linse weniger abgelenkt, als durch die Cornea, weil die auf die wässerige Feuchtigkeit bezogene Brechungszahl kleiner ist, als der mit der Luft verglichene Werth der Hornhaut.

Reducirtes Auge.

§. 1956. Begnügt man sich mit einer annähernden Betrachtung, so kann man den gleichen Brechungscoefficienten der Hornhaut, der wässerigen Feuchtigkeit und dem Glaskörper zuschreiben. Man erhält dann eine Hauptbrechung bei dem Eintritte der Lichtstrahlen in das Auge und eine zweite durch die Wirkung der Krystalllinse. Diese vereinfachte Auffassung führt zu der Anschauung des sogenannten reducirten Auges. Es versteht sich von selbst, dass diese Betrachtungsweise die Berechnungen auf Kosten der Genauigkeit wesentlich abkürzt.

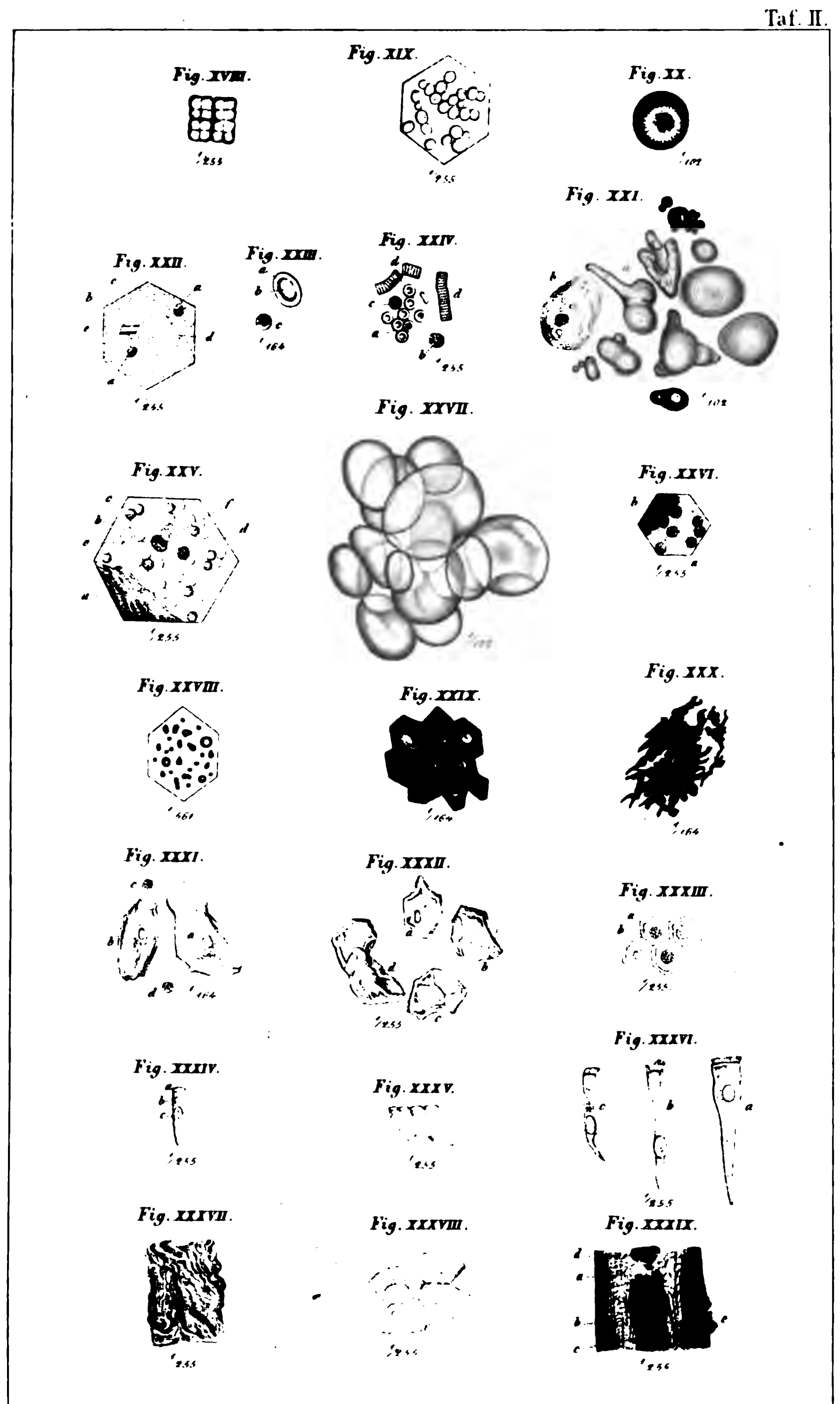
Aeusserer Brennpunkt des Auges.

§. 1957. Wir haben (§. 1942) gesehen, dass parallele Strahlen, welche eine doppeltconvexe Linse treffen, in dem Hauptfocus hinter demselben vereinigt werden. Umgekehrt treten Strahlen, die von dem vor der Linse gelegenen Hauptfocus divergirend ausgehen, hinter der Linse parallel heraus. Wir können das Gleiche auf das Auge übertragen, wenn wir uns die Summe der Wirkungen seiner Brechungskörper als das Gesammtresultat eines Brechungsmediums vorstellen. Wir haben daher einen in einer gewissen Entfernung von der Hornhaut innerhalb der Verlängerung der Sehachse gelegenen äusseren oder ersten Brennpunkt. Liegt in diesem ein Leuchtpunkt, dessen Strahlen divergirend die Hornhaut treffen, so werden sie parallel durch den Glaskörper treten. Rückt der Leuchtpunkt der Hornhaut näher, so divergiren sie, entfernt er sich, so convergiren sie im Glaskörper. Soll ein äusserer Punkt deutlich gesehen werden, so müssen die Strahlen im Glaskörper so convergiren, dass der Bildpunkt die Netzhaut trifft. Hieraus folgt, dass ein jeder Leuchtpunkt, den wir mittelst unseres Auges sicher erkennen, mindestens von der Hornhaut weiter abstehen muss, als der erste Brennpunkt. Nun lehren Theorie und Erfahrung übereinstimmend, dass das deutliche Sehen erst bei einer noch grösseren Distanz möglich ist. Ein leuchtender Gegenstand, den wir klar erkennen, muss jenseits der doppelten Entfernung des ersten Brennpunktes liegen. Hieraus folgt, dass er ein umgekehrtes und verkleinertes Bild auf der Netzhaut entwirft (§. 1943).

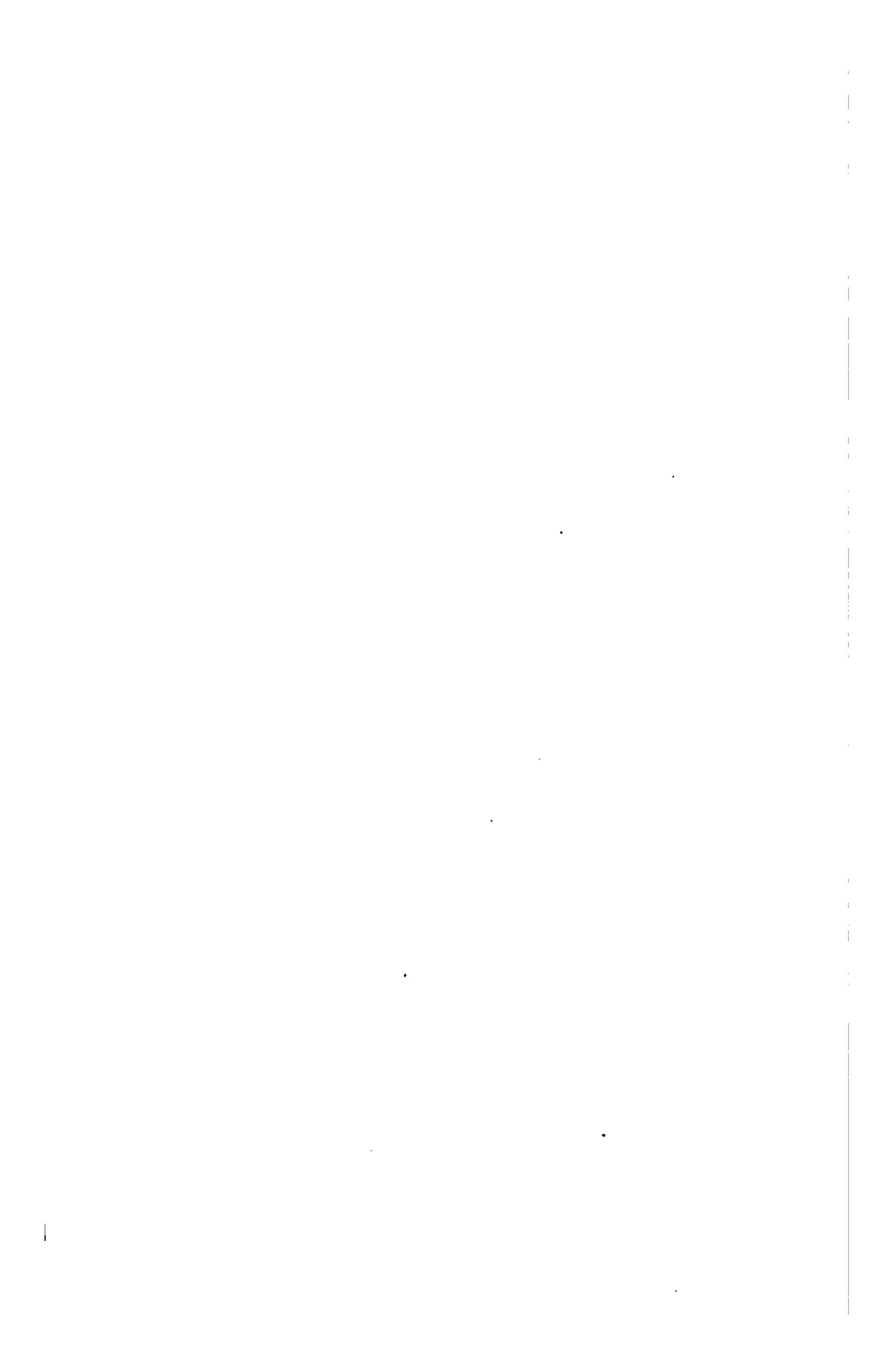
Gang der Lichtstrahlen im Auge.

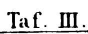
§. 1958. Wir wollen uns nach diesen Bemerkungen den allgemeinen Gang der Lichtstrahlen im Auge bei dem gewöhnlichen Sehen durch Fig. 445 versinnlichen. Gesetzt, *ad* sei ein Strahl des Gegenstandes *ab*, der die Hornhaut *df* in *d* trifft, so erhalten wir die erste Brechung in *d* und die zweite Hauptbrechung in *g* oder an der Vorderfläche der Linse, wenn wir die Einfalls- und die Ablenkungswinkel nach den Tangenten oder den Krümmungshalbmessern (§. 1939) bestimmen. Der Strahl tritt zur Hinterfläche der Linse gebrochen aus, durchsetzt den Glaskörper und erreicht die Netzhaut in *n*. Soll nun der Leuchtpunkt *a* seinen Bildpunkt auf der Netzhaut haben, so müssen sich auch die übrigen Strahlen des Kegels *afd*,

Taf. II.



H Bruch sc





Taf. III.

Fig. XL.

Fig. XLI.

Fig. XLIII.

Fig. XLII.

Fig. XLIV.

Fig. XLV.

Fig. XLVI.

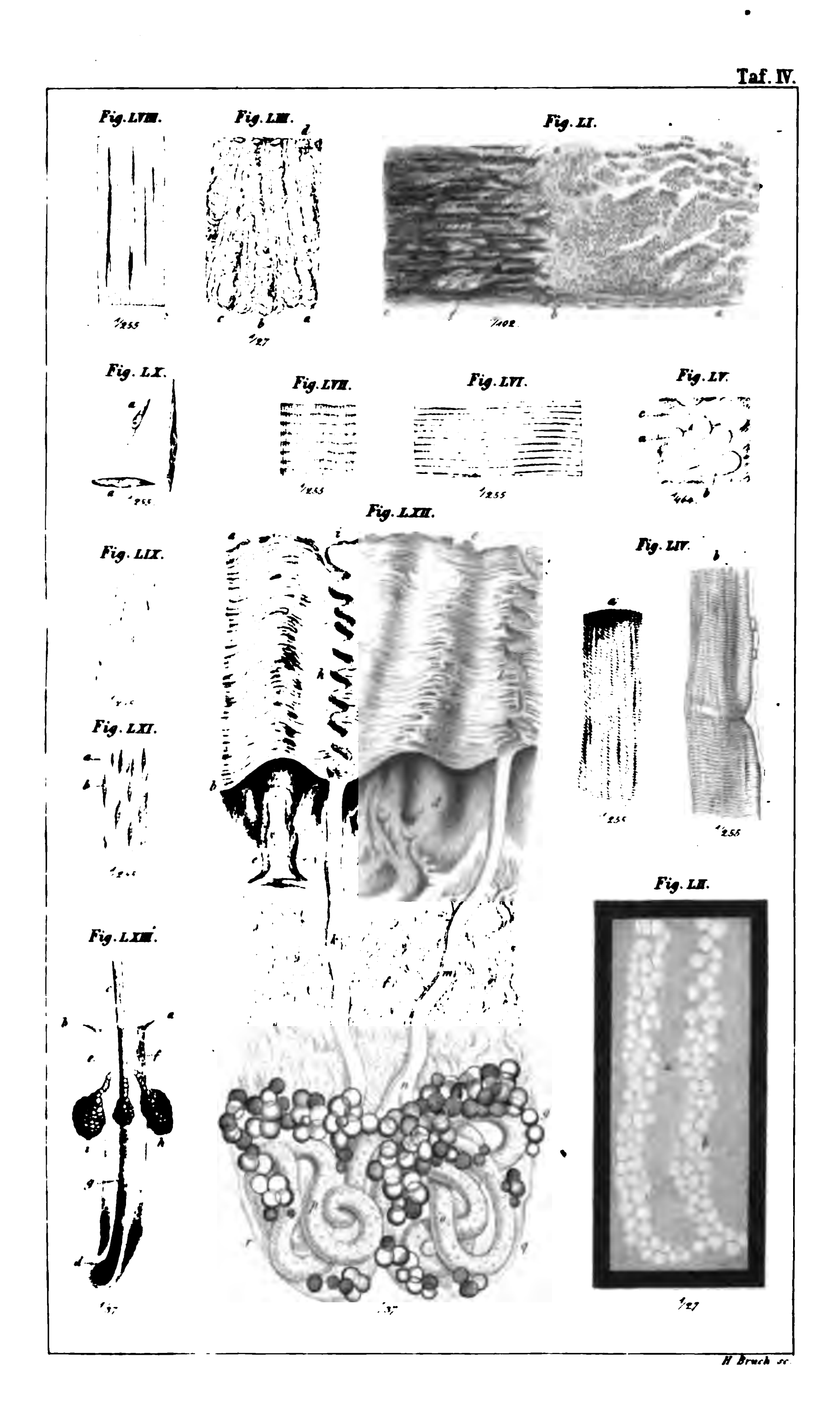
Fig. L.

Fig. XLIX.

Fig. XLVII.

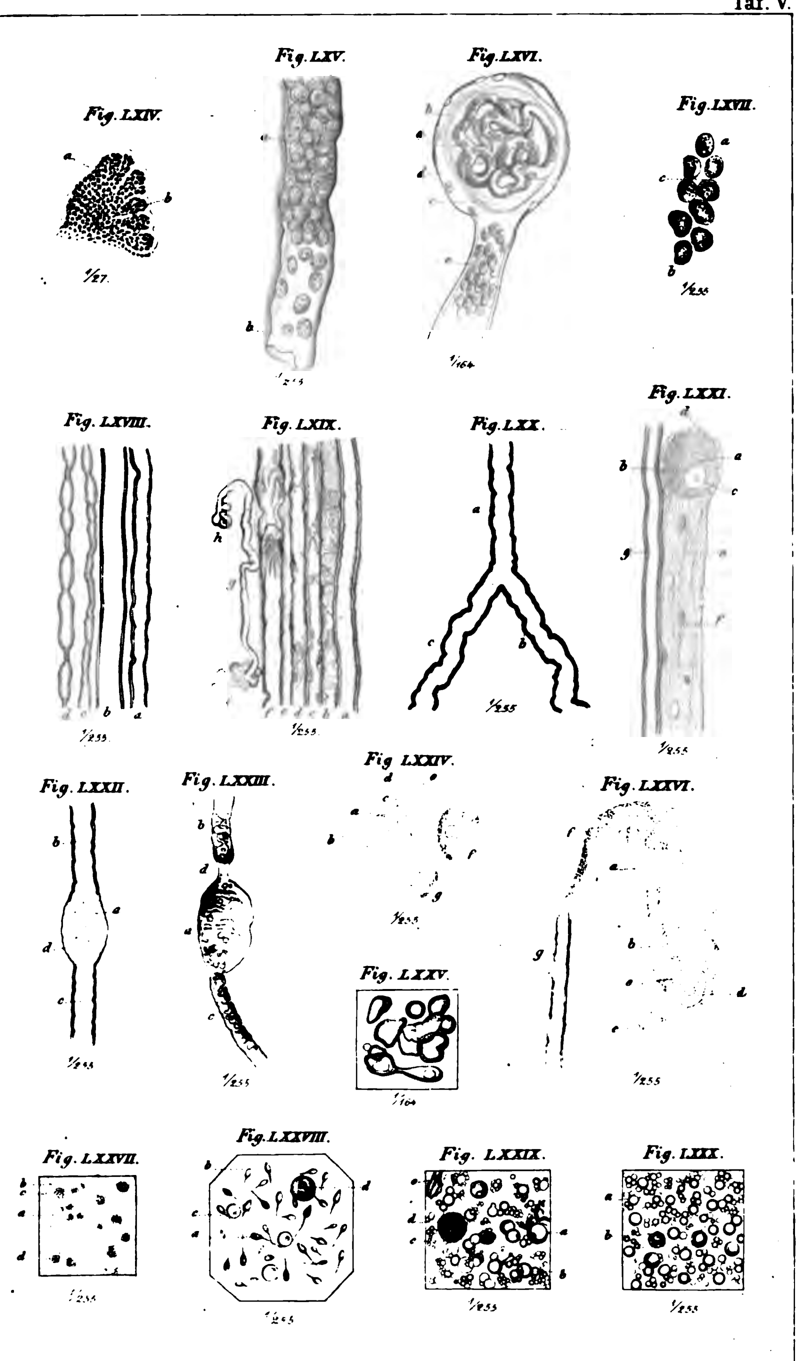
Fig. XLVIII.

H Bruch sc



Taf. IV.
Fig. LVIII.
Fig. LIII.
Fig. LI.
Fig. LX.
Fig. LVII.
Fig. LVI.
Fig. LV.
Fig. LXII.
Fig. LIX.
Fig. LIV.
Fig. LXI.
Fig. LII.
Fig. LXIII.
H Bruch sc.

Taf. V.



H. Bruch sc.



